الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DR. YAHIA FARES DE MÉDÉA

FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département du Génie Electrique et de l'Informatique



Projet de fin d'étude

Présente pour l'obtention du Diplôme De master en Génie Electrique

Spécialité : Systèmes de Télécommunications

THÈME

Etude et réalisation d'un système de communication Li-Fi

Propose et dirige par,

M. CHADLI Samir

Présente par

M.KOSSEIR Farouk et SMAAL Bouzid

Année universitaire 2014-2015

Dédicaces

Mes très chers parents

Aucune dédicace, aucun mot ne saurait exprimer ma gratitude, mon amour et mon profond respect.

Votre affection, vos sacrifices démesurés et votre soutien tant moral que matériel m'ont permis d'atteindre mon but.

Je prie Dieu, le tout puissant, de vous protéger et de vous procurer santé, bonheur et longue vie...

A

Mes très chères sœurs : Nadjet Naima

A

Mon unique Frère : Sid Ahmed,

En témoignage de mon affection et gratitude pour vos sacrifices, votre bonté.

Votre amour et vos conseils m'ont été d'un grand soutien au cours de ce parcours.

Que Dieu vous garde et vous protège.

A

Mon Binôm :yazid

A

Mon amie : Meriem

Merci aux longues études pour nous avoir si longuement réunis.

Tous les étudiants de notre section Electronique Master ~ Télécommunication~

A

Mes Copains et Mes Copines : Abdelhak, Tahar ,yamna, Sadik Mohamed, ,

A

Tous ceux qui de loin ou de près ont contribué à l'élaboration de ce travail.

A

Tous ceux qui me sont chers.

A

Tous ceux que j'ai omis de mentionn

Dédicaces

A mes parents,

A ma petite famille,

A ma femme,

A mes enfants,

A mes frères, mes sœurs,

A toute ma famille,

Et à tous mes amis

Je dédie ce modeste travail.

Smaal Bouzid

Remerciements

*Louange à notre Seigneur "**ALLAH**" qui nous a dotés*
de la faculté de raisonnement.
***Allah** qui nous a donné la force et le courage afin de*
Parvenir à élaborer ce modeste travail.

Puis à nos parents, nous tenons à exprimer nos expressions de remerciements les plus sincères et les plus profonds en reconnaissance de leurs sacrifices, aides, soutien et encouragement afin d'assurer que nos formation soit dans les meilleures conditions.

Nous remercions Mr. CHADLI Samir Pour sa direction de ce thème, le soutien et pour ses orientations académiques et ses conseils judicieux.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude à tous les enseignants la Faculté de Technologie Département de génie électrique et de l'informatique.

Nous ne manquerons pas d'exprimer notre grande reconnaissance à tous les administrateurs de la faculté de technologie.

Nous tenons aussi à exprimer mes plus vifs remerciements aux professeurs qui ont acceptés de faire partie du jury, à savoir :

ملخص:

لأيفأي LI-FI اختصار لمصطلح، وأقرب المعاني لهذا المصطلح هو (LightFidelity) أو Visible LightCommunication (العمل وفق الإضاءة أو الاعتمادية على الضوء) وبالمعنى العملي لهذه التقنية هو نقل البيانات عن طريق الضوء .وهي تقنية اتصالات لاسلكية ضوئية عالية السرعة، تعتمد على الضوء المرئي كوسيلة لنقل البيانات بدلا من ترددات الراديو التقليدية الوأي-فأي Wi-Fi المبدأ الذي تقوم عليه هذه التقنية :تعمل مصابيح LED الحديثة على إظهار أشعة ضوئية يتعذر رؤيتها بالعين المجرّدة .تلك الأشعة قادرة على نقل المعلومات التي يمكن استقبالها بواسطة محطة إرسال واستقبال مركبة .كل مصباح في العالم سيكون قادر على نقل البيانات.من هذا الملخص نقدم تصميم بسيط من مرئية نظام الاتصالات الضوء.

Résumé:

Li-Fi (Light Fidelity) ou VLC (Visible Light Communication) est une nouvelle technologie de communication sans fil, qui permet la transmission de données sans fil grâce à la lumière LED. La technologie est basée sur la capacité de SSL (Solid State Lightning) systèmes à utiliser des LED clignotantes (invisibles pour les yeux humains) pour créer un code binaire et d'envoyer des données par ondes optiques. Dispositifs de photodiodes équipées dans la zone de visibilité de lumière LED peuvent recevoir des données. Avec la demande croissante de données sans fil, le manque de spectre radioélectrique et des problèmes avec la pollution électromagnétique dangereux, Li-Fi devient une nouvelle plus écologique, alternative plus saine et moins coûteux de Wi-Fi. Dans ce thème, nous présentons une conception simple de système de communication visible de la lumière.

Mots clés: VLC, éclairage LED, Communications indoor, éclairage intelligent, Communications optiques sans fils, Technologie infrarouge.

Abstract:

LI-Fi (Light Fidelity) or VLC (Visible Light Communication) is a new wireless communication technology, which enables wireless data transmission through LED light. The technology is based on the ability of SSL (Solid State Lighting) systems to use LEDs flickering (invisible for human eyes) to create a binary code and to send data through optic waves. Photodiode-equipped devices within the area of LED light visibility can receive data. With increasing demand for wireless data, lack of radio spectrum and issues with hazardous electromagnetic pollution, Li-Fi becomes a new greener, healthier and cheaper alternative to Wi-Fi. In this paper, we present a simple design of visible light communication system.

Keywords: VLC, LED lighting, indoor communications, smart lighting, Wireless optical communications, Infrared technology.

Table des matières

LISTE DES FIGURE……I

LISTE DES TABLEAUX……III

LISTE DES ACRONYMES……...……..IV

Introduction Générale ……....V

CHAPITRE I : Généralités

I. Introduction ……5

II. Historique……... 5

III. Les réseaux sans fil…… 6

IV. Les technologies sans fil…… 6

IV.1. Le Wi-Fi ……..6

IV.2. Le WiGig…… 7

IV.3. Le WiMax ……..7

IV.4. Le Bluetooth…….. 7

IV.5. L'Irda…… 7

IV.6. Le LI-FI (Light Fidelity) ……8

V. Techniques de transmission utilisée en Li-Fi…….. 8

VI. Description générale d'une chaîne de communication optique sans fil..9

VII. Émetteurs et récepteurs Li-Fi…….. 10

VII.1. Émetteurs Li-Fi……....10

VII.2. Récepteurs LI-FI……12

VIII. Les Bruits……13

VIII.1. Le bruit ambiant……13

VIII.2. Le bruit thermique……15

IX. Les différents mécanismes de propagation en espace confiné…….15

IX.1. Liens en visibilité directe……..16
IX.2. Liens en visibilité non directe…….……..17
X. Les modulations en optique sans fil…….….18
X.1. Modulation OOK (On Off Keying)……...19
X.2. La Modulation PPM (Pulse-Position Modulation)…….……..21
XI. Technologies et Protocol Li-Fi……..25
XII. L'utilisation du Li-Fi……27
XIII. Les avantages…….……27
XIII-1. Rentabilité et simplicité…….27
XIII-2. Performance…….……..27
XIII-3. Sécurité…….……..28
XIII-4. Santé……28
XIV. Les limites……28
XV. Usages……28
Chapitre II : Etude de système de transmission.
I.Introduction…….30
II-Description du projet……...30
II.1.'émetteur LI-FI……...31
II.2.Le récepteur LI-FI. …….31
III.Choix des composants…….32
III.1.Les microcontrôleurs……...32
III.2.Programmations de pic 12F805……...35
IV.Le circuit74LS132……....37

V.Le circuit 74HC04…….37

VI.FT232R - FTDI…….38

VII.Les LEDS…….38

VII.1.Types de LED……39

VIII.Photodiode……39

VIII.1.Structure de pin photodiode……..40

VIIII.Préamplificateur optique le KA2184……41

X.Module de réception……41

XI.Le MM74HC4046N……42

XI.1.Description structurelle du montage PLL……42

XI.2.La démodulation en transmission par modulation de fréquence (MDF) au circuit MM74HC4046…….42

XI.3.Le fonctionnement du comparateur de phase CP……...44

XII. Conclusion…….45

Chapitre III : Réalisation et mise en marche

I.Introductio……..47

II.Présentation générale de PROTEUS……48

III.LANCEMENT DU MODULE ISIS……48

III.1.Interface d'utilisation…….49

III.2.Fenêtre d'ensemble……..49

III.3.Fenêtre d'Edition…….49

III.4.La boite à outils……50

III.5.Coordonnées du curseur…….50

III.6.Raccourcis clavier des fonctions d'édition courantes …….50

IV.Etapes de la saisie de schema……..51

V.Choix des langages, logiciel ……..……52

VI.Programme du microcontrôleur en langage assembleur……..……..52

VII.Programmation du microcontrôleur le 12F508 ……..54

VIII.Acquisitions des composants et Simulation avant l'envoi de l'information……..55

IX.Simulation et interprétation des graphes après l'envoi de l'information……..55

X.Présentation d'EACLE v7……..……..56

XI.Montages du composant ……58

XII.Test et mise en marche……..….59

XIII.Terminal Outil de développement du port com ……..….59

XIII.1.Caractéristiques…….. 60

XIII.2.Le Mode Macro……...61

XIIII.Démarche à suivre…….…….. 61

XIIIII. Conclusion……..62

Conclusion général ……64

Bibliographique……66

Liste des figures :

Figure I-1. La chaine de communication optique sans fil…….....9

Figure I-2. Diagramme de rayonnement d'un émetteur Lambertien (m = 1) et des émetteurs Lambertien généralisés Figure I-2. Diagramme de rayonnement d'un émetteur Lambertien (m = 1) et des émetteurs Lambertien généralisés avec : m = 20 et m = 30……...……11

Figure I-3. Spectre de puissance de différentes sources de bruits en fonction de la longueur d'onde de la communication…….……..13

Figure I-4. Densité spectrale de puissance unilatérale de bruit en fonction de la fréquence du signal optique…….……15

Figure I-5. Liens en visibilité directe……...…….……...…...16
Figure I-6. Les trois principaux types de liens en visibilité directe……..……....17

Figure I-7. Modulations LI-FI……...18

Figure I-8. Signaux (a) : OOK NRZ et (b) RZ avec : γ = 1/2……....19

Figure I-9. Taux d'Erreurs Binaires en fonction de SNR pour les modulations optique sans fil….20

Figure I-10. (a) Signaux PPM-2 et (b) PPM-4…….…22

Figure I-11. Signaux DPPM-4……..……23

Figure I-12. Signaux DPIM-4……....24

Figure II.1: Principe d'une communication LI-FI……...30

Figure II.2: Schéma d'émetteur LIFI……...……..31

Figure II.3 : schéma Le récepteur LI-FI……...32

Figure. II.4 : Brochage du circuit…….……33

Figure II.5 : la modulation de largeur d'impulsion PWM……..35

Figure II.6 : Le circuit 74LS132…….……..37
Figure II.7 : Circuit et diagramme du 74HC04……...……..37

Figure II.8 : Adaptateur USB vers série……...……38
Figure II.9 : communication carte LIFI avec Ordinateur à travers interface FT232R……..……..38

Figure II.10: les défèrent forme des LEDS……..……..39

Figure II.11: principe de fonctionnement de photodiode……40

Figure II.12 : structure de pin photodiode……..……..40

Figure II.13 : Principe du préamplificateur ka2184……41

Figure II.14 : Module de réception……...……41

Figure II.15 : Circuit et diagramme du MM74HC4046……..42

Figure II.16 :L'asservissement de circuit MM74hc4046 ……....43

Figure II.17 : les deux fonctions de l'asservissement CMOS 74HC4046 illustrées sous forme de fonctions logiques dans le circuit alimenté en 5V…….....43

Figure II.18 : Le fonctionnement du comparateur de phase CP…….....45

Figure III.1.schéma de montage des circuits……...……47

Figure III.2.Interface d'utilisations de Proteus*……49*

Figure III.3.organigramme des etapes de la saisie de schema…….……...51

Figure.III.4L'interface MPLAB IDE V8.4b……52

Figure.III.5.PICkit 2 programmer et son logiciel de programmation……...54

Figure.III.6.Simulation sans envoi d'information……..55

Figure.III.7.Simulation sans envoi d'information…….……..55

Figure.III.8.les circuit câblé. ……57

Figure.III.9.PCB vue de face……58

Figure.III.10.PCB vue de profile……58

Figure.III.11.Notre récepteur avec le KA2181…….……..58

Figure.III.12.Emeteur recepteur prototype…….....59

Figure III.13.Changement les donnée travers la lumière……...……..59

Figure.III.14.HyperTerminal……60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1. Correspondance entre $\varphi_{1/2}$ et m pour un rayonnement Lambertien généralisé……12

Tableau I-2. Variation du SNR en fonction de la Modulation……25

Tableau II.1. Fonctionnements des broches……...……33

Introduction Général :

La technologie optique sans fil se présente aujourd'hui comme une alternative aux technologies radiofréquences (RF) dans différents domaines d'applications et peut constituer une opportunité d'autant plus que le spectre RF devient limité en capacité [1].L'architecture d'un lien optique est semblable à celle d'un lien RF à part que les ondes radios sont remplacées par les ondes optiques et que les antennes sont remplacées par des composants optoélectroniques.

La fréquence des signaux optiques utilisés varie entre 300 GHzet 300 petahertz (PHz). Le spectre des communications optiques sans fil comprend donc les longueurs d'ondes en infrarouge (IR), en visible (VLC) et en ultraviolet (UV). La technologie optique sans fil a plusieurs avantages comparée aux technologies radiofréquences [2]. En effet, la bande passante disponible est supérieure à celle des RF et de plus elle est non régulée. D'autre part, elle offre une grande sécurité liée au confinement spatial des rayons optiques (les rayons optiques ne traversent pas les murs et les obstacles) et également une grande flexibilité puisqu'on peut réutiliser le même système dans deux pièces adjacentes par exemple. Un autre point est que la technologie optique est robuste par rapport aux perturbations électromagnétiques(EMI)[3] ce qui est un avantage dans les environnements sensibles aux ondes RF tels que les hôpitaux par exemple. Par ailleurs, les composants optiques sont moins couteux et consomment moins d'énergie comparés aux composants RF.

Malgré ces avantages, cette technologie a aussi des inconvénients. Les systèmes de communication optique sans fil sont sujets à des blocages par les personnes ou les obstacles présents dans l'environnement. Ces systèmes opèrent dans des environnements où les différentes sources de bruit optique (comme la lumière du soleil, les lampes à incandescence et fluorescentes) détériorent les performances. De plus, la puissance optique moyenne transmise est limitée par des contraintes de sécurité oculaire ce qui peut diminuer la couverture.

Il existe deux types de communications optiques sans fils : en espace libre ("outdoor" ou"free-space") et en espace confiné ("indoor") [4]. Les applications longues portées en espace libre sont très variées. On peut citer les communications entre bâtiments (sur quelques Km), les liaisons terre-satellite et les liaisons entre satellites [5]. Les liens en espace confiné concernent des applications courtes portées, ce qui correspond au LI-FI.

C'est donc l'objet des études présentées dans ce thème. Deux plages de longueurs d'ondes sont utilisables en indoor, les plages IR et visible. Actuellement, la plage de longueurs d'ondes dansle visible fait l'objet de nombreuses recherches liées au progrès dans le domaine des diodes électroluminescentes blanches. En effet les progrès technologiques permettent d'envisager l'utilisation de ces composants à la fois pour des fonctions d'éclairage basse consommation et bas coût et pour des applications de communications.

Cependant, les longueurs d'ondes entre 780 nm et 950 nm (communications IR) [6] représentent le meilleur choix en termes de maturité, disponibilité et coût des composants optiques déjà disponibles sur le marché. De plus, la plage de longueurs d'ondes IR coïncide avec la valeur maximale de sensibilité des photos détectrices à bas coût disponibles. C'est pour cela que dans le cadre de cette thèse nous étudions la technologie IR parmi les technologies de communication optique sans fil. Les systèmes de communication IR sont simples et à bas coût et souvent basés sur un système en modulation d'intensité et détection directe (IM/DD)[7]. Le signal électrique à transmettre est converti en une puissance instantanée optique par la diode en émission. En réception la puissance optique reçue est convertie en un courant électrique.

La puissance optique détectée ainsi ne contient aucune information sur la fréquence et sur la phase [8]. Pour les liens en espace confiné, il existe deux types de propagation. Tout d'abord, il y a les liens en visibilité directe dans lesquels les rayons vont directement de l'émetteur optique aurécepteur. Il y a aussi les liens non directs ou diffus où les rayons sont réfléchis par les différentes surfaces existantes dans l'espace confiné ou par les obstacles dans l'environnement.Le premier système optique sans fil en infrarouge a été présenté par Gfeller et Bapstist en 1979 basé sur un lien par réflexion diffuse sur une longueur d'onde de 950 nm capable de transmettre un débit d'information de 1 Mbps [9]. En 1996, Khan a proposé un système plus rapide pouvant atteindre 50 Mbps [10]. Durant les années 1990, cette technologie a été standardisée comme un protocole de transmission de données courtes portées entre les terminaux mobiles sous le nom de "IrDA".

De nos jours, un nouveau standard est en cours de développement sous le nom de "Giga-IR" qui permet des communications en IR courtes portées avec des débits d'information allant jusqu'à 1.024 Gbps.

Le déploiement de ce standard a été effectué en 2008 et 2009 par la compagnie KDDI au Japon [11]. Dans le cadre de cette thèse, nous employons la technologie optique sans fil en infrarouge à bas débit (< 1 Mbps) en milieu confiné (indoor) nous présentons le principe de

fonctionnement de cette technologie, les émetteurs et récepteurs optiques, les différents mécanismes de propagation en indoor, les sources de bruit optique et les techniques de modulation utilisées.

Chapitre 1

Généralités

Généralités

I. Introduction :

Depuis plusieurs décennies le domaine des communications sans fil est en pleine expansion. Ce phénomène a entraîné la nécessité d'améliorer continuellement les systèmes, d'un point de vue logiciel et matériel. Des technologies plus sélectifs, au coût et à l'encombrement réduit, aux pertes minimes font partie également des objectifs. Dans ce premier chapitre nous allons présenter l'une des technologies de transmission Radio Fréquence à faible portée qui est la technologie Li-Fi, ainsi que ses champs d'utilisations.

II. Historique :

En télécommunications, la transmission optique sans fil, n'est pas récente, elle date de plus d'un siècle. En 1880, quatre ans après l'invention du téléphone, Graham Bell utilisa la transmission d'un faisceau émis à partir du rayonnement solaire sur environ une distance de 213 m pour transmettre de la voix au moyen d'un appareil appelé "photophone". Bien que ce soit le téléphone filaire que l'histoire a conservé pour la postérité, Bell a toujours considère le photophone comme sa plus grande invention : "*The greatest invention I have ever made ; greater than the téléphone*" 1. Cette invention, qui n'est jamais devenue une réalité commerciale, a toutefois démontré et mis en œuvre le principe de base des communications optiques modernes ou la fibre optique a remplacé les rayons du soleil. Le photophone ne s'est pas imposé devant le téléphone filaire et n'a pas pu se faire une place dans le monde des télécommunications en raison des trop faibles longueurs de transmission, de l'absence de sources lumineuses qui émettent d'une manière continue 24 heures sur 24, etc. Cependant, le concept est resté tout simplement une curiosité intéressante jusqu'au développement du laser.

Le développement du VLC ou visible light communication est fortement corrélé au développement des diodes électroluminescentes ou LED puisqu'elles sont les seules sources de lumière (avec les lasers) à avoir des capacités de commutations très rapides (jusqu'à un milliard de fois par seconde). Naturellement, c'est au Japon, pays de la LED, que les premières expériences de communications VLC avec des luminaires LED se feront connaître en 2005, les précurseurs dans ce domaine étant les chercheurs de l'université de Kieo à Tokyo. Depuis 2010, avec la forte croissance des ventes de LED et leur apparition dans les bâtiments, de nombreux chercheurs académiques et industriels se sont lancés dans l'étude et le développement de la VLC.

L'acronyme Li-Fi signifie Light Fidelity où Light se réfère à la lumière. Ce terme a été proposé pour la première fois par Harald Haas, professeur de communication mobile à l'université d'Édimbourg, lors de la conférence TED en 2011. Il se réfère à la technologie des communications en lumière visible (VLC) qui offre une haute vitesse de communications mobiles bidirectionnelles d'une manière similaire à celle d'une connexion Wi-Fi gratuite, mais cette fois-ci via la lumière.

III. Les réseaux sans fil :

Aujourd'hui, la majorité des ordinateurs et la quasi-totalité des appareils « mobiles » (tels que les téléphones portables, les PDA, Les tablettes, …) disposent de moyens de connexion à un ou plusieurs types de réseaux sans fil comme le Wifi, le Bluetooth ou l'infrarouge. Ainsi, il est très facile de créer en quelques minutes un réseau « sans fil » permettant à tous ces appareils de communiquer.

Un réseau sans fil est un ensemble d'appareils connectés entre eux et qui peuvent s'envoyer et recevoir des données sans qu'aucune connexion « filaire » physique reliant ces différents composants entre eux ne soit nécessaire.

IV. Les technologies sans fil :

IV.1. Le Wi-Fi :

Le Wi-Fi est un ensemble de protocoles de communication sans fil régis par les normes du groupe IEEE 802.11 (ISO/CEI 8802-11).

Un réseau Wi-Fi permet de relier par ondes radio plusieurs appareils informatiques (ordinateurs, routeurs, smartphones, décodeurs Internet, … etc.) au sein d'un réseau informatique afin de permettre la transmission de données entre eux.

Le Wireless Display (de l'anglais *Affichage sans-fil*), également appelé Wi-Di, est une technologie de diffusion de flux vidéo sans fil utilisant le protocole Wi-Fi.

IV.2. Le WiGig :

Contrairement à la norme 802.11n du standard Wi-Fi (arrivée autour de 2010) qui a atteint un débit de 450 Mbps, la norme "802.11ac" introduit par la Wireless Gigabit Alliance (arrivée en 2012) propose un débit de 1300 Mbps sur la bande 5 GHz. En 12 ans, La vitesse du Wi-Fi a été multipliée par 80. Et on n'en restera pas là, puisqu'en 2015 apparaîtront les premiers produits compatibles Wi-Fi 802.11ad présentée sous le sobriquet de Wi-Gig. Et cette fois, l'on parle de débits près de 5 fois supérieurs à ceux de l'actuelle norme ac. Avec une précision tout de même : ces vitesses théoriques sont des débits maximum qui sont rarement atteints en utilisation réelle.

IV.3. Le WiMax :

WiMax (acronyme pour Worldwide Interoperability for Microwave Access) désigne un standard de communication sans fil. Aujourd'hui, il est surtout utilisé comme mode de transmission et d'accès à Internet haut débit, portant sur une zone géographique étendue. Ce terme est également employé comme label commercial, à l'instar du Wi-Fi.

IV.4. Le Bluetooth :

Bluetooth est un standard de communication permettant l'échange bidirectionnel de données à très courte distance et utilisant des ondes radio UHF. Son objet est de simplifier les connexions entre les appareils électroniques en supprimant les liaisons filaires.

Cette technologie peut remplacer par exemple les câbles entre ordinateurs, tablettes, téléphones mobiles entre eux ou avec des imprimantes, scanneurs, claviers, souris, manettes de jeu vidéo, téléphones portables, PDA, systèmes et kits mains libres micro et/ou écouteurs, autoradios, appareils photo numériques, lecteurs de code-barres et bornes publicitaires interactives. Les premiers appareils utilisant la version 4.0 de cette norme sont apparus début 2010.

IV.5. L'Irda :

Cette technologie est basée sur l'exploitation du rayonnement infrarouge (IR) qui est un rayonnement électromagnétique d'une longueur d'onde supérieure à celle de la lumière visible mais plus courte que celle des micro-ondes.

IV.6. Le LI-FI (Light Fidelity) :

Le Li-Fi ou VLC est une technologie de communication sans fil basée sur l'utilisation de la lumière visible comprise entre la couleur bleue (450 nm) et la couleur rouge (760 nm), générée par des LEDs. Contrairement au WiFi qui utilise la partie radio du spectre électromagnétique, le Li-Fi utilise le spectre optique. Les couches protocolaires Li-Fi sont régies par la norme internationale IEEE 802.15.7 établie depuis 2011 par le comité IEEE.

La technologie Li-Fi se présente aujourd'hui comme une alternative aux technologies radiofréquences (RF) dans différents domaines d'applications et peut constituer une opportunité d'autant plus que le spectre RF devient limité en capacité.

V. Techniques de transmission utilisées en Li-Fi:

Le système se base sur le même principe de transmission en langue morse, il utilise la lumière LED pour acheminer les informations numériques, il fonctionne à une vitesse imperceptible par l'œil humain, la technologie transmette les données en s'allumant et s'éteignant pour créer un flux binaire de 1 et 0, le Li-Fi marche qu'avec les ampoules à diode électroluminescente (LED), il sera une vraie alternative aux ondes électromagnétiques du Wi-Fi puisqu'il est à 80% plus économique, il peut atteindre un débit de 1 Gbit et peut être accessible gratuitement.

Le principe du Li-Fi consiste à envoyer les données par la modulation d'amplitude des sources de lumière selon un protocole bien défini et standardisé. Il se différencie de la communication par laser, par fibre optique et de l'IrDa par ses couches protocolaires. Les couches protocolaires du Li-Fi sont adaptées à des communications sans fil jusqu'à une dizaine de mètres, soit légèrement plus que Bluetooth. Une communication Li-Fi est réalisée selon le protocole de communication établi par le comité international IEEE 802 (réseaux locaux et métropolitains). Ce standard définit la couche PHY et la couche MAC à adopter afin de développer des solutions compatibles à l'échelle mondiale. Le standard est capable de délivrer des débits suffisants pour transmettre de l'audio, de la vidéo et des services multimédia. Il tient également compte de la mobilité de la transmission optique, de sa compatibilité avec les éclairages artificiels présents dans l'infrastructure, des déficiences qui peuvent être causées par les interférences générées par l'éclairage ambiant. Enfin, le standard se conforme à la réglementation en vigueur sur la sécurité.

L'architecture d'un lien optique est semblable à celle d'un lien RF à part que les ondes radios sont remplacées par les ondes optiques et que les antennes sont remplacées par des composants optoélectroniques. Le spectre des communications optiques sans fil comprend des longueurs d'ondes allant de l'infrarouge (IR), incluant le visible (VLC), jusqu'au ultraviolet (UV), une grande partie de ce spectre de fréquences est largement utilisées dans l'éclairage. Ce qui permet à cette technologie émergente d'exploiter le réseau d'éclairage est de l'utilisé pour transmettre en espace libre des flux de données à très haut débit. En utilisant un codage de type On Off Key (OOK) ou bien la PPM (pulse position modulation), on allume et on éteint la lumière pour envoyer des 0 ou des 1. La vitesse de clignotement est très supérieure à celle perceptible par l'œil humaine.

Il faut noter que les ampoules d'éclairage incandescentes ou halogènes ne sont pas appropriés pour jouer le rôle d'émetteurs Li-Fi. Leur temps de commutation d'états est beaucoup trop lent pour permettre une modulation d'amplitude rapide et donc d'atteindre un débit correct pour transmettre de l'information. En revanche, les LEDs, qui sont des semi-conducteurs, sont parfaitement adaptés puisque elles permettent des fréquences de commutation très élevées : jusqu'à 1 000 000 cycles.

VI. Description générale d'une chaîne de communication optique sans fil :

Le modèle classique d'une chaîne de communication optique sans fil est illustré sur la Figure I-1(a). L'onde transmise par l'émetteur à une puissance optique instantanée *X(t*). L'onde reçue par le récepteur est traduit en courant instantané *Y (t).*

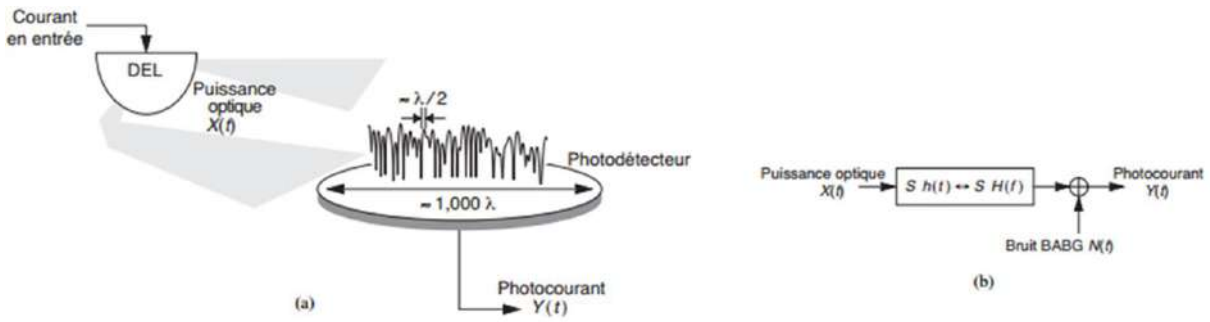


Figure I-1. La chaine de communication optique sans fil

On note qu'en optique, la surface des photo-détecteurs est égale à environ mille fois la longueur d'onde (en général), ce qui crée une diversité spatiale qui empêche les évanouissements multi trajets.

Les signaux optiques peuvent néanmoins être soumis à des distorsions multi trajets quand des liens en visibilité non directe sont employés, puisque la puissance optique transmise se propage alors via des chemins de longueurs différentes. Le système peut être modélisé en bande de base comme illustré sur la Figure I-1 (b) et par la relation :

$$Y(t) = S.X(t) \otimes h(t) + N(t) \quad (1)$$

Le symbole ⊗ représente la convolution et ***S*** est la sensibilité du détecteur. Même si la forme générale de la relation présentée est similaire à celle obtenue pour les systèmes radio ou électrique, la différence est liée au fait que ***X(t)*** représente une puissance optique instantanée en entrée du canal et est donc toujours positive.

La puissance moyenne optique émise P_t st donnée par la relation :

$$P_t = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} X(t)dt \quad (2)$$

La puissance reçue nécessaire pour atteindre les performances désirées dépend de la puissance optique perdue en espace libre, elle est obtenue par :

$$P_r = H_0 P_t \quad (3)$$

VII. Émetteurs et récepteurs Li-Fi :

VII.1. Émetteurs Li-Fi :

En général c'est une diode qui convertit le signal électrique en une puissance optique, les deux principaux types de diodes utilisés sont les diodes Electroluminescentes (**DEL)** et les diodes Lasers (**DL)**. Les DELs sont couramment utilisées en pratique à cause de leurs très faibles coûts. La plupart des DELs ont une surface d'émission grande et donc respectent souvent les contraintes liées à la sécurité oculaire. L'inconvénient est qu'elles ont une faible efficacité en terme de conversion électrique/optique. A l'opposé, les DLs émettent des faisceaux très étroits, leur efficacité de conversion électrique/optique est élevée mais leur coût est plus conséquent par rapport aux premiers. Pour respecter les contraintes de sécurité oculaire, il faut employer des diffuseurs avec les DLs.

Le rayonnement optique de la plupart des émetteurs optiques peut être modélisé par un modèle Lambertien généralisé. Un émetteur ayant un rayonnement de type Lambertien généralisé d'ordre "**m**" a un diagramme de rayonnement exprimé par la relation suivante :

$$R_0(\phi) = \frac{(m+1)}{2\pi} \times \cos^m(\phi) \quad (4)$$

L'intensité rayonnée pour une puissance optique P_t s'écrit alors :

$$I_s = P_t R_0(\phi) \quad (\mathrm{W/sr}) \tag{5}$$

Quand m = 1, l'émetteur est nommé "Lambertien". La Figure I-2 illustre le diagramme de rayonnement pour un émetteur Lambertien et des émetteurs Lambertiens généralisés avec m = 10 et m = 20. On remarque que plus m est grand et plus le rayonnement est directif. De plus, l'intensité maximale rayonnée correspondant à **φ** = 0 est d'autant plus grande que m est petit. On dit que l'ordre "m" dépend du semi-angle de puissance de l'émetteur $\varphi_{1/2}$. ce dernier est l'angle pour lequel l'intensité rayonnée est équivalente à la moitié de l'intensité maximale rayonnée (correspondant à **φ** = 0◦).

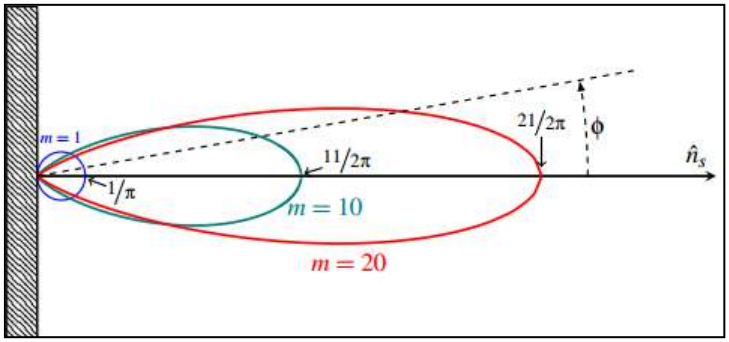


Figure I-2. Diagramme de rayonnement d'un émetteur Lambertien (m = 1) et des émetteurs Lambertien généralisés avec : m = 20 et m = 30.

La relation entre l'ordre de rayonnement m et $\varphi_{1/2}$ peut ainsi être obtenue via la relation suivante :

$$R_0(\phi_{1/2}) = \frac{1}{2}R_0(\phi = 0) = \frac{1}{2} \times \frac{(m+1)}{2\pi} \times \cos^m(0) \tag{6}$$
$$= \frac{(m+1)}{2\pi} \times \cos^m(\phi_{1/2})$$

En simplifiant l'équation, on obtient :

$$\frac{1}{2} = cos^m(\phi_{1/2}) \tag{7}$$

La solution de l'équation donne la relation entre l'ordre de rayonnement m et $\varphi_{1/2}$:

$$m = -\frac{\ln 2}{\ln(\cos\phi_{1/2})} \tag{8}$$

A partir de cette relation, il est possible d'établir le tableau de correspondance entre les différentes valeurs de **m** et les semi-angles de puissance de l'émetteur $\varphi_{1/2}$ (Tableau I-1).

$\phi_{1/2}$	10	12	15	20	30	40	45	50	60	70	80
m	45.28	31.37	20	11.14	4.82	2.6	2	1.57	1	0.646	0.396

Tableau I-1. Correspondance entre $\varphi_{1/2}$ et m pour un rayonnement Lambertien généralisé

Comme on peut le distinguer sur ce tableau un rayonnement de type Lambertien (m = 1) correspond à $\varphi_{1/2}$ = 60°. Par contre, pour un semi-angle de puissance plus petit de 15° par exemple, on obtient m = 20.

VII.2. Récepteurs LI-FI :

Le récepteur est un photo-détecteur (photodiode) qui convertit la puissance optique en un courant électrique en détectant le flux de photons incidents sur la surface de la photodiode Généralement, on utilise des diodes PIN plutôt que des diodes à avalanche pour limiter l'impact du bruit. L'inconvénient des photodiodes PIN est leur seuil de détection de 10 à 15 dB inférieur aux photodiodes à avalanche, ce qui limite leur efficacité en termes de détection de puissance. Le seuil de détection est la puissance minimale optique reçue $\boldsymbol{P_r}$ pouvant être détectée par le Photo-détecteur et c'est l'un des paramètres importants pour la conception du système. La puissance optique reçue dépend ainsi de la surface effective du photo-détecteur $\boldsymbol{A_{eff}}$. Cette surface dépend elle-même de la surface physique du récepteur $\boldsymbol{A_{phy}}$ et de Ψ l'angle d'incidence du rayonnement reçu par rapport à l'axe du photo-détecteur. La surface effective peut être exprimée par la relation suivante :

$$A_{eff} = \begin{cases} A_{phy} \cos\Psi & 0 \le \Psi \le \text{FOV} \\ 0 & \text{autrement} \end{cases} \qquad (9)$$

Dans la relation, FOV est le champ de vision du photo-détecteur, en dehors de ce champ, le photo-détecteur ne reçoit rien. Augmenter le champ de vision du Photo-détecteur augmente sa couverture mais augmente aussi la quantité de bruit reçu. De plus, la relation (exprime la surface $\boldsymbol{A_{eff}}$ sans tenir compte des autres éléments susceptibles d'être rajoutés au photo-détecteur comme les filtres et les concentrateurs optiques. Ainsi, augmenter la surface effective du photo-détecteur est couteux, et augmente le niveau de bruit détecté, mais augmente aussi la bande passante. Dans le cadre de notre mémoire, nous nous aux simples photo-détecteurs sans filtres et sans concentrateurs optiques. Un autre paramètre important d'un photo-détecteur est la sensibilité (S) ; elle correspond au rapport du photo-courant sur la puissance optique reçue, et est obtenue par la relation suivante :

$$S(A/W) = \eta \frac{q}{hf} \approx \eta \frac{\lambda_{(\mu m)}}{1.23985(\mu m \times W/A)} \qquad (10)$$

Dans laquelle **η** est l'efficacité quantique du photo-détecteur pour une longueur d'onde donnée, ***q*** la charge d'un électron, **h** la constante de Planck, **f** la fréquence du signal optique et **λ** la longueur d'onde du signal optique.

VIII. Les Bruits :

Une connaissance des différentes sources de bruits est nécessaire afin d'évaluer les performances des systèmes de communication optique sans fil indoor. Cette connaissance permet également de choisir la meilleure longueur d'onde et le meilleur type de modulation. Dans ces systèmes de communication, on peut distinguer deux principales sources de bruits : le bruit ambiant et le bruit thermique. Dans ce qui suit nous présentons ces différentes sources de bruit et évaluons la densité spectrale unilatérale de bruit N_0.

VIII.1. Le bruit ambiant :

Le bruit optique ambiant est le bruit le plus important dans les communications optiques sans fil. Ce type de bruit dans les milieux confinés provient essentiellement de la lumière du soleil, de la lumière émise par une lampe à incandescence et par les lampes fluorescentes à basse et à haute fréquence. La Figure I-3 présente la distribution de la puissance spectrale de ces sources de bruits ambiants en fonction de la longueur d'onde du lien optique. On peut noter sur cette figure que la puissance de bruit dépend principalement de la longueur d'onde et cela illustre l'importance du choix de la longueur d'onde dans la conception des systèmes de communications optiques sans fil.

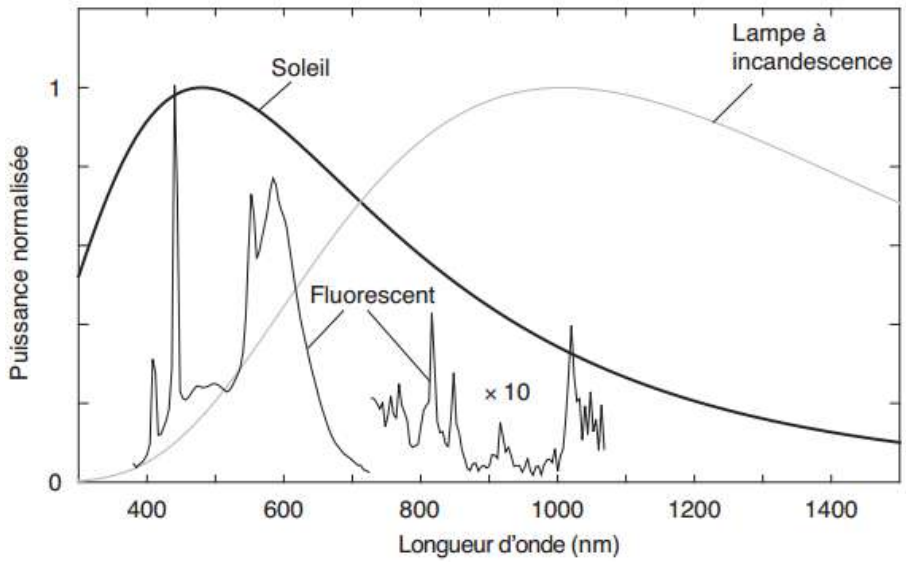


Figure I-3. Spectre de puissance de différentes sources de bruits en fonction de la longueur d'onde de la communication.

VIII.1.1. La lumière du soleil* :** C'est l'une des sources naturelles importantes de lumière ambiante. Elle dépend notamment de l'angle d'incidence des rayons du soleil par rapport au photo-détecteur. Sa puissance peut saturer les liaisons optiques sans fil et d'ailleurs la plupart des systèmes de communications en optique sans fil conçus pour les milieux confinés ne fonctionnent pas à l'extérieur (outdoor). C'est une source non-modulée de bruit ambiant difficilement filtrable et son spectre de puissance a un maximum vers 500 nm et peut perturber de façon significative les liaisons infrarouges ayant des longueurs d'onde entre 700 et 970 nm .On peut montrer que le courant induit dans le photo-détecteur par la lumière du soleil est un courant continu qui s'ajoute à ***Y(t). Ainsi, le bruit ambiant dû à la lumière du soleil peut être modélisé par un bruit additif Gaussien de type AWGN.

VIII.1.2. Les Lampes à incandescences : Ces lampes classiques (à filament de tungstène) constituent une source artificielle de bruit ambiant qui peut impacter les communications en optique sans fil. La figure précédente montre la distribution spectrale de puissance de bruit pour ces lampes. Le spectre est large et présente un maximum à ≈ 1000 nm. Le photo-courant induit par cette source de bruit est sinusoïdal à une fréquence de 100 Hz avec des harmoniques considérables jusqu'à 2 KHz. Il s'ajoute sous forme de courant RMS au courant continu lié à la lumière du soleil. En appliquant un filtre passe haut, le bruit lié à ce courant peut être modélisé par un bruit AWGN.

VIII.1.3. Les Lampes fluorescentes à basses fréquences : Elles représentent une autre source artificielle de bruit ambiant. La Figure I-3 montre la distribution spectrale de puissance de bruit pour ces lampes comparée aux autres sources de bruit ambiant. On peut noter que le spectre est étalé jusqu'à la longueur d'onde de 1100 nm. Pour réduire l'impact de ce type de bruit il est possible d'employer des filtre optiques et électriques passe haut. Le courant induit par ce type de source est quasi sinusoïdal à une fréquence de 100 Hz. Comparé aux lampes à incandescence, les harmoniques sont plus importantes et le spectre fréquentiel contient des harmoniques significatives allant jusqu'à 20 Hz. Une combinaison de filtre optique et de filtre passe-haut est nécessaire pour atténuer ce bruit.

VIII.1.4. Les Lampes fluorescentes à hautes fréquences : Ces lampes exploitent un ballast. Ce dernier génère un signal périodique avec une fréquence entre 20 et 40 KHz ayant des harmoniques significatives qui peuvent monter jusqu'à des MHz. La raison d'utiliser un ballast par rapport aux lampes fluorescentes classiques est qu'il permet de réduire de façon considérable la consommation énergétique et augmente la durée de vie de ces lampes. Comme l'étalement spectral est important, l'utilisation d'un filtre électrique passe haut n'est pas efficace puisqu'il filtre aussi le signal utile.

VIII.2. Le bruit thermique :

Le bruit thermique est le bruit créé par les éléments résistifs du circuit électronique du récepteur. Le préamplificateur est le composant du récepteur qui est la principale source de ce type de bruit. Le préamplificateur est employé souvent dans le récepteur pour amplifier le signal reçu surtout quand la photodiode en réception est une photodiode PIN. Parmi les différents préamplificateurs, les préamplificateurs Trans impédances avec une faible résistance en sortie et avec des transistors à effet de champ sont les préamplificateurs qui induisent le minimum de bruit. Avec un choix correct du circuit électronique du récepteur, il est possible de minimiser ce type de bruit et de le rendre ainsi négligeable par rapport au bruit ambiant. La Figure I-4 représente la densité spectrale de puissance unilatérale de bruit en fonction de la fréquence du signal (débit de transmission) pour le bruit ambiant et le bruit thermique. On peut constater que pour les faibles débits (inférieurs à ≈ 10 Mbps) le bruit ambiant est le bruit dominant (10 × supérieur), mais qu'ensuite le bruit thermique du récepteur devient prépondérant.

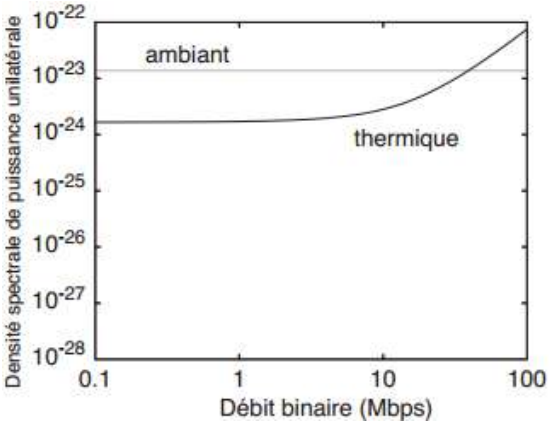


Figure I-4. Densité spectrale de puissance unilatérale de bruit en fonction de la fréquence du signal optique

IX. Les différents mécanismes de propagation en espace confiné :

Afin d'évaluer les performances et optimiser le déploiement des systèmes de communications optiques sans fil en espace confiné, une bonne connaissance des différents mécanismes de propagation est nécessaire. On peut ainsi distinguer deux principaux mécanismes de propagations : liens en visibilité directe entre émetteur et récepteur et liens en visibilité non directe. Dans le cas du premier type le rayonnement optique part directement depuis l'émetteur vers le récepteur. Dans le second cas, les rayonnements partant de l'émetteur rencontrent une surface réfléchissante et les rayons réfléchis arrivent au récepteur.

Dans les passages suivants, nous présentons les principaux mécanismes des liens en visibilité directe et non directe. Ensuite pour chaque mécanisme, le gain statique du canal H_0 est calculé de façon analytique. Ce dernier est le paramètre le plus important qui caractérise un canal, il dépend de la puissance émise et de la puissance reçue.

IX.1. Liens en visibilité directe :

Dans les liens en visibilité directe (LOS), le récepteur reçoit directement le rayonnement émis depuis l'émetteur. Ainsi, il est nécessaire que l'émetteur et le récepteur soient en visibilité. Le faisceau émis par l'émetteur étant toutefois légèrement divergent, la cellule réceptrice ne captera qu'une partie de la puissance émise. En général, dans ce type de lien, seul le trajet direct est considéré et donc on suppose que la liaison n'est pas perturbée par la présence de chemins multiples. L'inconvénient lié à la directivité du faisceau est que celui-ci peut être facilement sujet à des coupures ou des masquages dus à des obstacles entre l'émetteur et le récepteur. Un lien général de communication en optique sans fil en visibilité directe est présenté sur la Figure I-5.

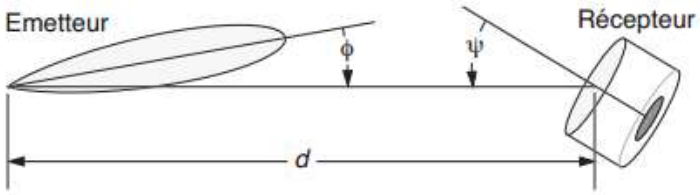


Figure I-5. Liens en visibilité directe.

On suppose que l'émetteur a une intensité de rayonnement $P_t R_0$ (φ) (W/sr). A une distance **d** et un angle **φ** par rapport à normale de l'émetteur, l'irradiance est :

$$I_r (d, \varphi) = P_t R_0 (\varphi) / d^2 \qquad (11)$$

La puissance reçue P_r est ainsi :

$$P_r = I_r (d, \varphi) A_{eff} (\Psi) \qquad (12)$$

Le gain statique du canal H_0 peut être obtenu par l'expression suivante :

$$H_0 = \begin{cases} \frac{A_{phy}}{d^2} \times \frac{(m+1)}{2\pi} \cos^m \phi . \cos \Psi & 0 \le \Psi \le \text{FOV} \\ 0 & \text{autrement} \end{cases} \qquad (13)$$

On définit généralement trois principaux types de liens en visibilité directe comme illustré sur la Figure I-6 : les liens avec un système de suivi complet, les liens avec un système de semi-suivi, et les liens non suivis.

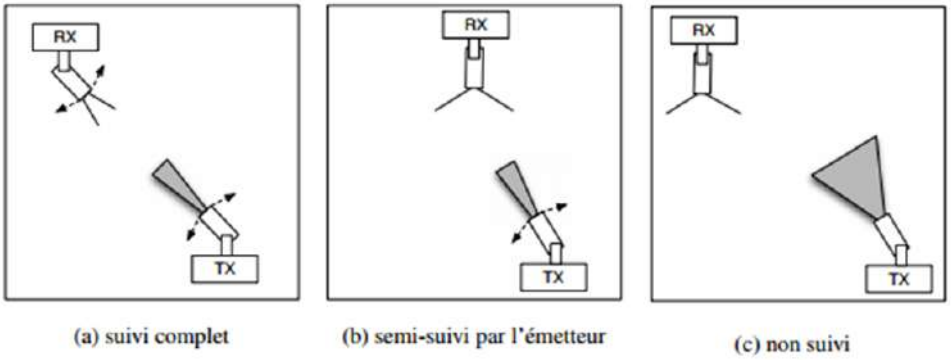


Figure I-6. Les trois principaux types de liens en visibilité directe.

Les liens en visibilité directe avec un système de suivi complet, utilisent un système mécanique ou électronique qui assure le suivi du faisceau de l'émetteur vers le récepteur et vice versa. Ainsi un alignement parfait entre l'émetteur et le récepteur est maintenu en permanence. L'avantage de ce type de lien est lié à l'utilisation d'émetteurs ayant des faisceaux étroits ($\varphi_{1/2}$ petit) généralement à faible puissance. De plus, les récepteurs ont également une faible ouverture (FOV petit) ce qui permet de rejeter une grande partie de la lumière ambiante de l'environnement et contribue ainsi à diminuer de façon physique le bruit reçu. L'inconvénient est la complexité du déploiement liée à la mise en place du système de suivi à la fois sur l'émetteur et le récepteur.

Dans le cas des liens en visibilité directe non-suivi, il n'y a aucun système de suivi pour maintenir l'alignement entre l'émetteur et le récepteur. Ainsi, l'émetteur et le récepteur doivent avoir des ouvertures plus grandes afin d'être en visibilité. Donc la puissance d'émission nécessaire est plus grande par rapport aux deux types de mécanismes précédents. De plus, les défauts d'alignements entre l'émetteur et le récepteur peuvent causer de fortes pertes sur le lien de communications ou même interrompre entièrement le lien. L'avantage principal de ce genre de lien est dans la facilité de déploiement.

IX.2. Liens en visibilité non directe :

Une réflexion se produit lorsque l'onde optique rencontre une surface dont les dimensions sont grandes par rapport à la longueur d'onde (sol, mur, plafond, mobilier, Les caractéristiques de réflexion d'une surface dépendent de plusieurs facteurs : la surface du matériau (lisse ou rugueuse), la longueur d'onde du rayonnement incident et l'angle d'incidence.

X. Les modulations en optique sans fil :

Il existe plusieurs types de modulation pour les communications optiques sans fil basées sur une modulation d'intensité et démodulation directe (**IM/DD**). Toutes ces techniques de modulation s'appuient sur le fait que le signal transmis est une puissance optique. La technique la plus simple est la modulation **OOK**. Il existe aussi des modulations à plusieurs niveaux (**L-PPM**). Le choix d'une technique de modulation est un des points importants dans le design d'un système de communication. Ce choix est un compromis entre plusieurs facteurs à prendre en compte parmi les facteurs suivants :

✓ Efficacité en termes de puissance transmise : puisque la puissance d'émission est limitée par les contraintes de sécurité oculaire, Il est important de choisir une modulation efficace en terme de puissance d'émission afin d'atteindre les performances visées avec une puissance minimale. Ceci devient d'autant plus important quand l'émetteur est mobile et auto alimenté.

✓ Efficacité spectrale : malgré le fait que les communications optiques sans fils disposent d'une bande passante très large, il existe d'autres facteurs qui peuvent limiter la bande passante (comme la bande passante du photo-détecteur et les limitations dues aux propagations multi-trajets). Ainsi, le choix d'une modulation efficace spectralement devient nécessaire.

✓ Autres facteurs : le coût et la complexité du système surtout au niveau du récepteur, la robustesse de la modulation par rapport à diverses sources de bruit présentes dans l'environnement.

La Figure I-7 illustre les principaux types de modulation en communications optiques sans fils en termes d'efficacité de puissance d'émission et d'efficacité spectrale.

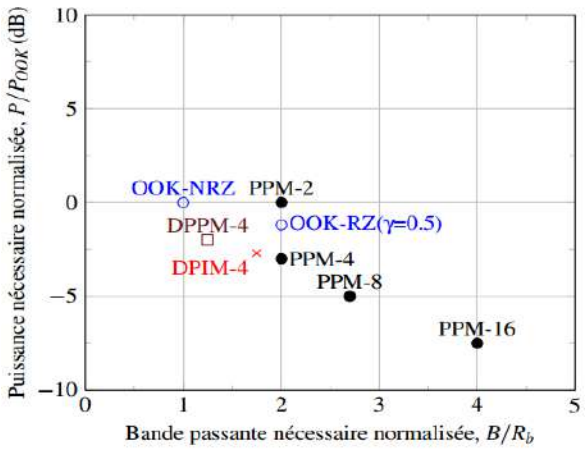


Figure I-7. Modulations LI-FI

L'efficacité spectrale est obtenue en divisant la bande passante occupée par le signal par la bande passante dans le cas de la modulation **OOK-NRZ** (débit binaire). L'efficacité de puissance d'émission est obtenue en divisant le minimum de puissance requise pour atteindre une performance avec la puissance requise pour la modulation OOK-NRZ. On peut constater sur la figure que les modulations **OOK-RZ** et **PPM-L** sont plus efficaces en terme de puissance d'émission par rapport à la modulation OOK-NRZ. Cela réduit le coût de l'émetteur et du récepteur et augmente l'autonomie dans le cas des dispositifs autoalimentés.

En contrepartie, la bande passante occupée est augmentée et donc les performances sont plus sensibles aux distorsions multi trajets. Les modulations **DPPM-L** et **DPIM-L** présentent un compromis entre l'efficacité en termes de puissance d'émission et l'efficacité spectrale.

X.1. Modulation OOK (On Off Keying):

La modulation OOK ou modulation tout ou rien est la plus simple parmi les différentes techniques de modulation pour les communications optiques sans fil. C'est une modulation binaire constituée de deux symboles et elle offre un bon compromis entre la puissance d'émission nécessaire et la largeur de bande requise. Elle est très simple à implémenter sur l'émetteur et le récepteur. Comme la modulation OOK est la modulation qui occupe le minimum de bande passante, elle est surtout utile dans des canaux subissant des trajets multiples (à cause de l'étalement temporel de la réponse impulsionnelle du canal). Les signaux des deux principales techniques de la modulation OOK sont représentés sur la Figure I-8.

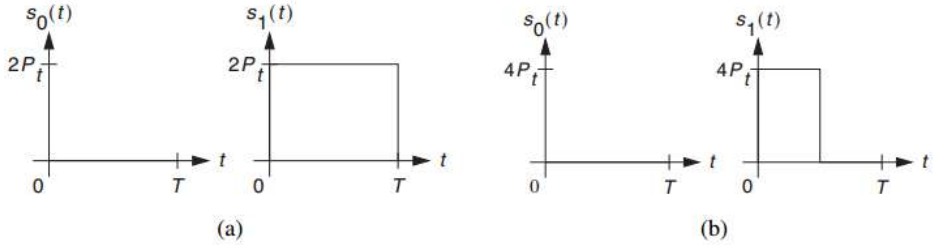


Figure I-8. Signaux (a) : OOK NRZ et (b) RZ avec : γ = 1/2

X.1.1. Modulation OOK-NRZ (OOK Non-Return to Zero):

Cette technique de la modulation OOK est la plus simple et la plus utilisée. L'émetteur code le bit "1" sous la forme d'une impulsion rectangulaire avec une intensité $\boldsymbol{2\,P_t}$ de durée T où $\boldsymbol{P_t}$ est la puissance moyenne transmise et $\boldsymbol{R_b}$ = 1/T est le débit binaire.

L'absence d'une impulsion représente un bit "0" (Figure I-8a). Donc la modulation est constituée de deux symboles équiprobables $S_i(t)$ avec i ∈ {0, 1} exprimés par la relation :

$$S_i(t) = 2P_t \,\mathrm{rect}\left(\frac{t}{T}\right) i \qquad (14)$$

ainsi le signal optique $X(t)$ dans le cas de cette modulation est obtenu par l'équation :

$$X(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} S_i(t - nT) \qquad (15)$$

Il faut noter sur que l'amplitude du signal est 0 ou $2\,P_t$. La bande passante du signal modulé est équivalente au débit binaire B = R_b et donc le rapport signal à bruit SNR peut être obtenu par la relation suivante :

$$\mathrm{SNR} = \frac{\left(\frac{1}{2}0^2 + \frac{1}{2}(2P_t)^2\right) S^2 H_0^2}{BN_0} = \frac{2P_t^2 S^2 H_0^2}{R_b N_0} \qquad (16)$$

Le Taux d'Erreurs Binaires (TEB) en fonction du SNR peut être calculé par :

$$\mathrm{TEB}(\mathrm{SNR}) = Q\left(\sqrt{\mathrm{SNR}}\right) = \frac{1}{2}\,\mathrm{erfc}\left(\sqrt{\frac{\mathrm{SNR}}{2}}\right) \qquad (17)$$

où **Q** (la fonction de Marcum) et **erfc** sont définis par :

$$\mathbf{Q(x)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \boldsymbol{exp}\left(-\frac{u^2}{2}\right) \boldsymbol{du} = \frac{1}{2}\ \mathbf{erfc}\ \left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right) \qquad (18)$$

Cette fonction est tracée sur la Figure I-10.

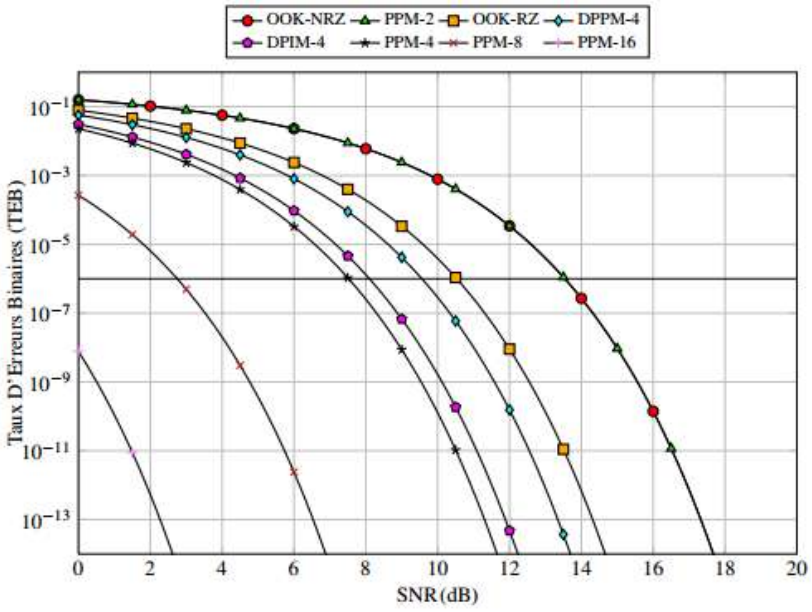


Figure I-9. Taux d'Erreurs Binaires en fonction de SNR pour les modulations optique sans fil

X.1.2. Modulation OOK-RZ (OOK Return to Zéro):

La différence avec la modulation OOK se situe au niveau de l'impulsion rectangulaire représentant le bit "1". La durée de cette impulsion (T_c temps chip) est inférieure au temps bit **T = 1 / R_b** avec :

un rapport : $T_c = \frac{1}{\gamma}$ **T** où $0 \leq \gamma < 1$ est le rapport cyclique. Dans le cas de cette modulation en supposant $\gamma = 0.5$, les symboles $S_i(t)$ ont pour expression :

$$S_i(t) = 4P_t \text{ rect}\left(\frac{2t}{T}\right) i \tag{19}$$

Et donc l'intensité optique en entrée **X (t)** s'écrira sous la forme suivante :

$$X(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} S_i(t - nT) \tag{20}$$

Ces symboles sont représentés sur la Figure I-10. Il faut noter que pour cette technique de modulation, la puissance émise nécessaire est $\sqrt{\gamma}$ × inférieure comparée au cas de la modulation OOK-NRZ, mais la bande passante nécessaire est $\frac{1}{\gamma}$ × plus importante **(B =** $\frac{R_b}{\gamma}$ **)**. Le TEB pour cette modulation en fonction du **SNR** défini dans l'expression peut être calculé par la relation suivante :

$$\begin{aligned} \text{TEB(SNR)} &= Q\left(\sqrt{\frac{\text{SNR}}{\gamma}}\right) \\ &= \frac{1}{2}\text{erfc}\left(\sqrt{\frac{\text{SNR}}{2\gamma}}\right) \end{aligned} \tag{21}$$

X.2. La Modulation PPM (Pulse-Position Modulation) :

La modulation **PPM** avec **L** niveaux **(PPM-L)** est considérée comme la meilleure technique de modulation pour les systèmes de communications **(IM/DD)** lorsque la puissance émise est limitée. La norme **IEEE 802.11** est basée sur cette technique de modulation en employant une modulation **PPM-4** avec un débit binaire de 4 Mbps. La famille de modulation **PPM-L** utilise deux niveaux d'intensité distincts **(0 et L · P_t)**. Chaque intervalle de symboles est divisé en **L** sous intervalles (ou chips). Le rapport entre le temps chip et le temps bit est donné par : $T_c = \frac{1}{L}$ **T**.

L'information est transmise en envoyant une intensité dans l'un de ces sous intervalles. Ainsi, pour une modulation **PPM-L**, les symboles $S_i(t)$ avec i ∈ **{0, 1,..., L − 1}** sont définis par la relation suivante :

$$S_i(t) = LP_t \text{ rect}\left(\frac{t-(\frac{iT}{L})}{T/L}\right) \quad (22)$$

La Figure I-10 illustre ces symboles pour respectivement une modulation **PPM-2** et **PPM-4**. Ainsi l'intensité du signal **X (t)** s'exprime sous la forme suivante :

$$X(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} S_i(t-nT) \quad (23)$$

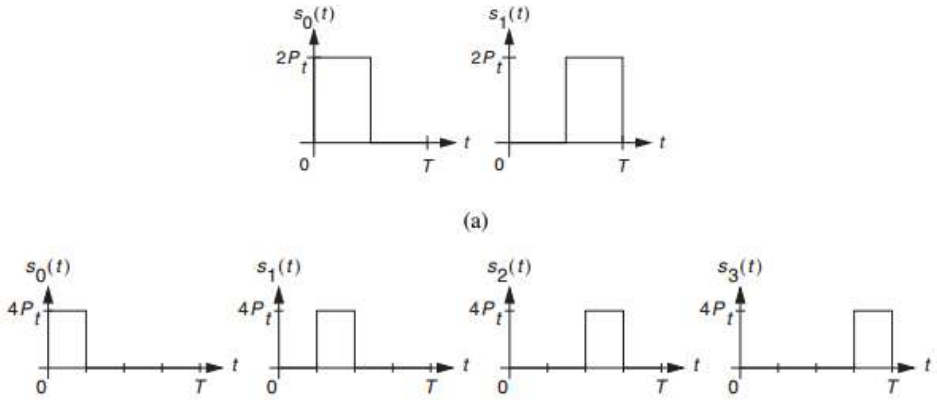


Figure I-10. (a) Signaux PPM-2 et (b) PPM-4

La modulation **PPM-L** offre une efficacité en terme de puissance émise par rapport à la Modulation **OOK-NRZ**. En effet la puissance émise nécessaire est : $\sqrt{\frac{1}{2}L\log_2(L)}$ × inférieure à celle de la modulation **OOK-NRZ**. Donc, plus l'ordre de la modulation **L** augmente, plus la puissance transmise nécessaire pour atteindre une qualité de service diminue. En contrepartie la bande passante occupée par le signal modulé augmente d'un rapport de $\frac{L}{\log_2(L)}$ et donc : **B** = $\frac{L}{\log_2(L)}R_b$. Comme la bande passante occupée augmente, cette modulation est plus sensible aux interférences entre symboles induites par les trajets multiples. Il y a donc un compromis entre efficacité et résistance aux interférences. Il faut noter que dans le cas : L = 2, la bande passante occupée est égale à celle de la modulation OOK-RZ avec γ = 0.5, mais l'efficacité en termes de puissance émise est inférieure. Donc la PPM-2 n'est pas utilisée au profit de l'OOK - RZ avec γ = 0.5 qui est plus efficace.

Le TEB en fonction du SNR pour une modulation PPM-L est calculé par la relation suivante :

$$\mathrm{TEB}_{\text{PPM-L}}(\mathrm{SNR}) = Q\left(\sqrt{\frac{1}{2}L\log_2(L)\,\mathrm{SNR}}\right) = \frac{1}{2}\,\mathrm{erfc}\left(\sqrt{\frac{1}{4}L\log_2(L)\,\mathrm{SNR}}\right) \quad (24)$$

Un compromis entre l'efficacité en termes de puissance d'émission et la bande passante occupée consiste à utiliser des modulations DPPM-L et DPIM-L qui sont présentés dans la suite.

X.2.1. Modulation DPPM (Différentiel Pulse-Position Modulation) :

Le principe de la DPPM-L est basé sur la technique de la modulation PPM-L, en supprimant les intervalles de "0" qui suivent les intervalles de "1". Donc, la longueur des symboles DPPM-L est variable. Le rapport entre le temps chip et le temps bit est : $\boldsymbol{T_c} = \frac{2}{L+1}\ T$. Les signaux de cette modulation pour L = 4 sont illustrés sur la Figure 1-11.

L'intensité du signal X (t) pour cette modulation s'exprime par :

$$X(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{L+3}{2} P_t a_n (t - nT_c) \quad (25)$$

ou $\boldsymbol{a_n}$ sont des "0" ou des "1" en fonction des symboles qui se suivent.

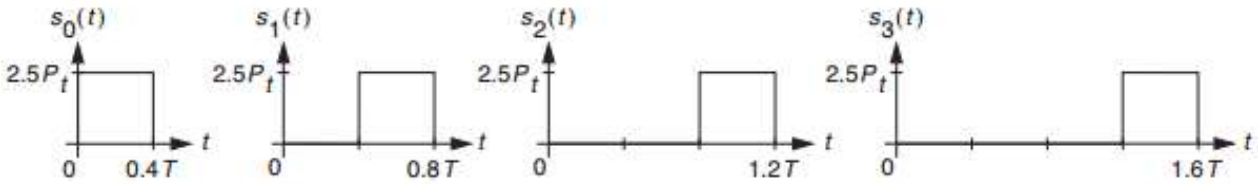


Figure I-11. Signaux DPPM-4

En supprimant les intervalles, il est possible d'augmenter l'efficacité en termes de puissance émise et de diminuer simultanément l'occupation de la bande passante. De plus, la synchronisation des symboles devient simple, puisque il y a toujours une impulsion à la fin d'un symbole. La bande passante est obtenue par B = $\frac{L+1}{2\log_2 L}$. La puissance émise nécessaire dans le cas de cette modulation est $\sqrt{\frac{1}{4}(K+1]\log_2(L)}$ × inférieure à la modulation OOK-NRZ.

Le TEB en fonction du SNR pour cette modulation est obtenue par la relation suivante :

$$\begin{aligned} \mathrm{TEB}_{\mathrm{DPPM\text{-}L}}(\mathrm{SNR}) &= Q\left(\sqrt{\frac{1}{4}(L+1)\log_2(L)\,\mathrm{SNR}}\right) \\ &= \frac{1}{2}\,\mathrm{erfc}\left(\sqrt{\frac{1}{8}(L+1)\log_2(L)\,\mathrm{SNR}}\right) \end{aligned} \qquad (26)$$

X.2.2. Modulation DPIM (Digital Pulse-Interval Modulation) :

La Technique DPIM-L offre une efficacité supérieure de transmission en éliminant tous les intervalles de temps inutiles dans chaque symbole. Chaque symbole $S_i(t)$ commence par un "1" Suivi par $i \in \{0, 1,..., L-1\}$ intervalles de "0" et se termine par un "0" de garde. Ainsi, comme dans le cas d'une modulation DPPM-L, la durée des symboles est variable. De plus, elle ne nécessite pas de synchronisation puisque chaque symbole commence par une impulsion. La durée d'un temps chip dans le cas de cette modulation est obtenue par : $T_c = \frac{2}{L+3}\,\mathbf{T}$. Les symboles d'une modulation DPIM-4 sont représentés sur la Figure I-12.

L'intensité du signal X (t) est exprimée par la relation suivante :

$$X(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{L+3}{2} P_t a_n (t - nT_c) \qquad (27)$$

où a_n sont des "0" ou des "1" en fonction des symboles qui se suivent.

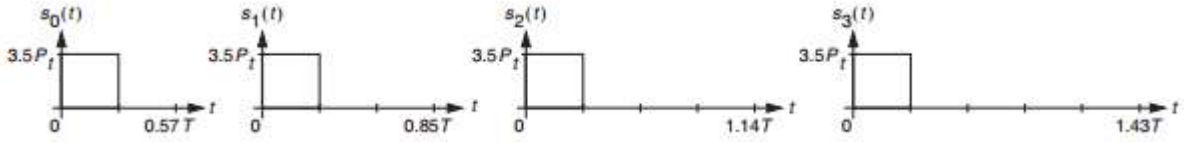


Figure I-12. Signaux DPIM-4

La bande passante est obtenue par B = $\frac{L+3}{2\log_2(L)}$. La puissance émise nécessaire dans le cas de cette modulation est : $\sqrt{\frac{1}{4}(L+3)\log_2(L)}$ × inférieure à la modulation OOK-NRZ. Comparée à la modulation DPPM-L, cette modulation est plus efficace en terme de puissance émise et moins efficace en terme de bande passante occupée. Le TEB en fonction du SNR pour cette modulation est obtenue par la relation suivante :

$$\begin{aligned} \mathrm{TEB}_{\mathrm{DPIM\text{-}L}}(\mathrm{SNR}) &= Q\left(\sqrt{\frac{1}{4}(L+3)\log_2(L)\,SNR}\right) \\ &= \frac{1}{2}\,\mathrm{erfc}\left(\sqrt{\frac{1}{8}(L+3)\log_2(L)\,\mathrm{SNR}}\right) \end{aligned} \qquad (28)$$

Le tableau résume les différents types de modulations employées pour les communications en optique sans fils ainsi que les SNR requis pour atteindre des performances en TEB de 10^{-3}, 10^{-6} et 10^{-9}.

Modulation	Valeur de SNR pour un TEB=10^{-3}	Valeur de SNR pour un TEB=10^{-6}	Valeur de SNR pour un TEB=10^{-9}
OOK-NRZ	9.8 dB	13.54 dB	15.6 dB
OOK-RZ	6.79 dB	10.53 dB	12.54 dB
PPM-2	9.8 dB	13.54 dB	15.6 dB
PPM-4	3.78 dB	7.52 dB	9.54 dB
PPM-8	-0.99 dB	2.75 dB	4.77 dB
PPM-16	-5.25 dB	-1.51 dB	0.51 dB
DPPM-4	5.82 dB	9.56 dB	11.58 dB
DPIM-4	4.36 dB	8.1 dB	10.12 dB

Tableau I-2. Variation du SNR en fonction de la Modulation.

On peut vérifier ainsi que quel que soit le TEB visé, l'écart en SNR entre les différentes modulations reste constant.

XI. Technologies et Protocol Li-Fi :

Dans une communication Li-Fi, l'antenne émettrice est la LED. Il existe essentiellement deux types de LED blanches : les LEDs phosphore et les LEDs RVB (ou Rouge-Vert-Bleu). Une LED phosphore est constituée d'une LED bleue sur laquelle est déposée une couche de phosphore. Cette couche de phosphore absorbe la lumière bleue qui va, par la suite, émettre sur un spectre visible centré sur le jaune. La combinaison du bleu et de ce spectre permet de générer la lumière blanche. Les fréquences de modulation permises par la couche de phosphore sont plus basses (1 à 2 Mbit/s) que celles permises par la diode bleue nue (100 Mbit/s). En revanche, avec une LED RVB et des techniques de multiplexages d'informations, il est possible d'atteindre des débits de 150 Mbits/s assez facilement. La seconde partie importante dans un dispositif de communication Li-Fi est l'antenne réceptrice constituée par une photodiode et par son électronique associée : filtre optique optimisée, photo détecteur, concentrateur optique, l'électronique d'amplification constituée de plusieurs étages. La liaison optique Li-Fi à 800 Mbit/s a été réalisée en mode broadcast avec une modulation DMT (Discrète MultiTone) associée à un multiplexage en longueur d'onde (WDM) avec une seule LED RVB sur une distance de 10 cm. Le taux d'erreur obtenu (Bit Error Ratio ou BER) est encore élevé, $2\ 10^{-13}$, mais des marges d'amélioration existent. La propagation en une ligne de visée améliore la communication par LEDs, mais une communication Li-Fi ne nécessite pas forcément une ligne de visée.

Selon l'application recherchée, il faut faire un compromis entre la robustesse de la communication (forte ligne de visée) et la mobilité de l'usager (large zone de diffusion). Contrairement aux ondes radio, les ondes lumineuses ne pénètrent pas les murs. C'est un inconvénient mais ça peut être aussi un avantage pour des applications de communications ultra-sécurisées. Mais surtout, comme les unités d'éclairage de chaque maison, de chaque bureau, de chaque bâtiment public et des rues deviennent progressivement des unités d'éclairage à LEDs, les communications bidirectionnelles Li Fi sont conçues avec des débits asymétriques : un débit descendant de 150 Mbit/s ou plus et un débit ascendant de quelques Mbit/s. Cela est dû notamment au fait que la Consommation électrique du terminal mobile doit être modérée afin de ne pas dissuader l'utilisateur de son usage.

Un obstacle à surmonter réside dans la directivité de la voie ascendante. Afin d'assurer une certaine mobilité à l'utilisateur, il faut travailler sur une directivité la plus grande possible sur la voie ascendante en augmentant, entre autre la taille de la zone de réception de la communication. Il n'est pas évident que la couche MAC du protocole Wi-Fi IEEE 802.11 p soit applicable en l'état. D'un point de vue normalisation, un groupe de travail mené par Intel a permis d'établir la norme IEEE 802.15.7. Ce standard est considéré comme achevé et non modifiable jusqu'en 2015 par le comité IEEE afin de permettre le développement de produits sur cette base. Le document est disponible sur le site web de l'organisation IEEE et couvre les spécifications de la couche physique (PHY).

Les prochaines générations de véhicules soient entièrement automatisées. Beaucoup de laboratoires et d'acteurs de l'industrie automobile travaillent sur cette problématique du véhicule autonome. L'attelage virtuel des véhicules en est un parfait exemple. L'apport possible du Li-Fi dans ce domaine, avec la présence de plus en plus forte de phares à LEDs sur les véhicules, le Li-Fi peut apporter des solutions techniques en raison de sa facilité de mise en œuvre, de son faible coût et de ses performances. Plusieurs études ont été menées afin de réaliser des communications Li-Fi, en substitution ou en complément des technologies radiofréquences, entre les véhicules et les feux de signalisation ou entre les véhicules eux-mêmes. L'un des défis est de pouvoir offrir des communications avec des bandes passantes élevées afin de diminuer la durée de la phase de perception. Les efforts normatifs récents avec la norme IEEE 802.11p et la norme IEEE 802.15.7 sont une preuve de l'enjeu de cette technologie dans le domaine des ITS.

XII. L'utilisation du Li-Fi :

L'utilisation du Li-Fi pourrait révolutionner l'usage d'internet, ou du moins l'améliorer de façon importante, particulièrement d'un point de vue sécuritaire. Prenons par exemple le cas d'internet en entreprise, dont les bureaux sont très souvent équipés d'internet en Wi-Fi, il existe la problématique de sécurisation des réseaux. Car pour une personne un peu aguerrie, il est facile de pénétrer le réseau Wi-Fi, et ainsi de s'introduire dans les différents systèmes (serveurs, ordinateurs particuliers, etc.). Tandis qu'avec le Li-Fi, seul les personnes dans le spectre lumineux de l'entreprise auront accès au réseau. Idéalement, il suffirait de munir les éclairages de bureaux en Li-Fi. Ainsi, on maitrise les accès internet et les réseaux par zone géographique. Par exemple, le réseau destiné à la direction serait uniquement disponible dans les locaux de la direction, …etc. Il en va de même pour les connections Internet privée. En logement urbain, nous avons tous dans notre interface de connexion internet Wi-Fi, une liste exhaustive de plusieurs « box » internet des voisins.

Mais au-delà des considérations purement sécuritaires, le Li-Fi permet d'importantes possibilités dans le marketing, notamment sur les lieux de ventes, les salons, …etc. Par exemple, dans le cadre de l'évènementiel, un stand équipé de Li-Fi proposerait une connexion internet d'excellente qualité, uniquement dans son périmètre. Donc pouvant avancer sa publicité ou créer du flux sur son périmètre, en se distinguant des réseaux Wi-Fi des salons, souvent aléatoires et surchargés. Ou encore, le Li-Fi trouverait à l'avenir un usage dans la sécurité routière, où les véhicules futurs pourraient échanger des informations entre eux sur la route via les phares. Enfin, bien que pour le moment il n'existe pas d'avis tranchés sur le sujet, le Li-Fi ne serait pas soumis aux problématiques du Wi-Fi et de ses ondes, impactant la santé de certaines personnes sensible à cela. Par conséquent, le Li-Fi, bien qu'encore trop récent pour se permettre une démocratisation massive, semble se placer comme le prochain vecteur d'internet.

XIII. Les avantages :

XIII-1. Rentabilité et simplicité: le fonctionnement du Li-Fi repose entre autres sur des lampes LED, déjà très utilisées aujourd'hui pour l'éclairage, et un récepteur.

XIII-2. Performance: les débits annoncés sont 10 fois supérieurs à ceux du Wifi. Le Li-Fi bénéficie en effet d'une absence d'interférences avec les ondes radios ou électromagnétiques, et les données ne sont « contenues » que dans les champs lumineux

XIII-3. Sécurité: le champ d'échanges de données étant limité aux champs lumineux émis, le flux est beaucoup plus contrôlable et ne s'éparpille pas. De plus, la lumière ne peut traverser un élément opaque, comme un mur par exemple. Il devient donc plus difficile de profiter du réseau du voisin.

XIII-4. Santé: Contrairement aux ondes électromagnétiques, les ondes lumineuses ne traversent pas le corps humain, et ne sont donc pas susceptibles de poser des problèmes de santé.

XIV. Les limites :

En premier lieu la limite du Li-Fi est liée à son mode de fonctionnement: la communication n'est possible que si la lumière est allumée. En journée, la lumière du jour peut interférer les émissions. En deuxième lieu, le Li-Fi est encore aujourd'hui monodirectionnel dans la plus part des installations. Ce qui signifie qu'on ne peut que recevoir des données, il est impossible d'émettre vers la source lumineuse sauf en le couplant avec une autre technologie (CPL, Wifi,…). Enfin, l'utilisation du Li-fi ne peut qu'être locale, la lumière ne traversant par les matériaux opaques.

XV. Usages :

En prenant en compte ces spécificités, le Li-Fi a pour le moment un usage limité, souvent complémentaire aux infrastructures réseaux actuelles :

- Localement, il pourrait être intéressant d'utiliser le Li-fi pour désengorger un réseau wifi, voire filaire, en réception.
- Avec un identifiant unique, la position d'une personne ou terminal pourrait être précisément déterminée en intérieur (exemple dans un lieu touristique ou un hypermarché).
- Le Li-Fi pourrait être utilisé dans les endroits à risque de perturbation électromagnétiques, comme les avions, ou les hôpitaux.
- La lumière se propageant très bien sous l'eau, le milieu marin pourrait bénéficier de cette technologie de communication.

Cette liste n'est pas exhaustive mais représente les idées en cours de développement ou à explorer.

Chapitre 2

Etude du système de transmission

Etude du système de transmission

I.Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons l'étude et la réalisation de notre montage, le choix des composants,….Notre système de transmission combine deux parties, la 1ere est celle de l'émission et la 2emede réception, ce chapitre est organisé en deux parties, une partie pour le hardware et une partie pour le software.

II-Description du projet :

La figure suivante montre le schéma bloc de notre système de communication :

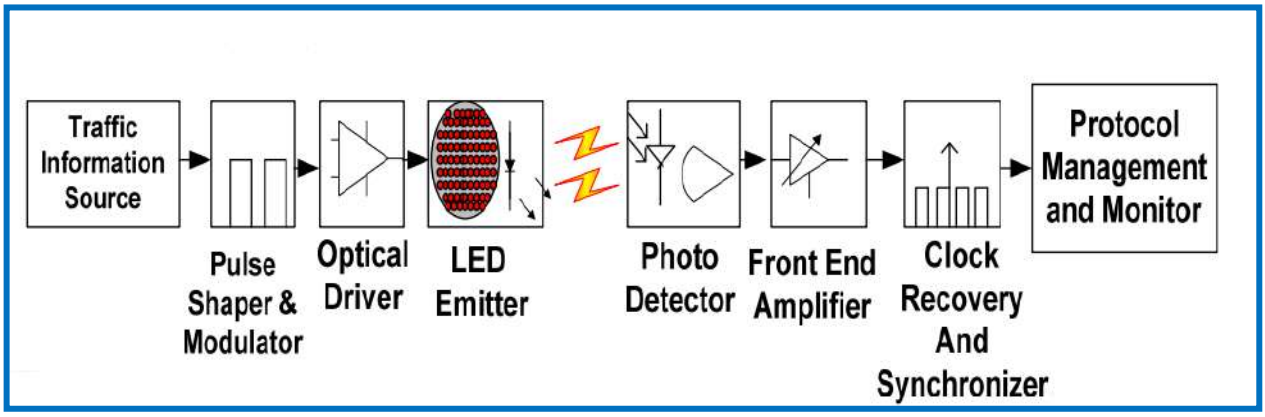


Figure II.1: Principe d'une communication LI-FI.

La partie d'émission de notre système est constitué des étages suivants :

• Un émetteur est constitué d'une source d'information DATA.

• Un microcontrôleur qui génère une modulation ppm.

• Un système optique spécialise.

• Des leds commandées par un système optique.

La partie réception est constituée par :

- Une photo détectrice
- Un système d'amplificateur lier directement a la photodiode
- Un démodulateur
- Un système de recouvrement de l'horloge et de synchronisation

II.1.'émetteur LI-FI :

La figure suivante montre le schéma de l'émetteur de notre système qui est très simple. Il a été conçu autour d'un microcontrôleur PIC12F508.Les LED sont directement alimentées par V_{CC} en profitant de l'excellente capacité en courant des sorties au niveau bas. Dans cet état, chaque sortie présente une résistance équivalente de l'ordre de 12 Ohms, jusqu'à des courants de l'ordre de 50 mA.

Le microcontrôleur a été utilisé pour générer une horloge de 40 kHz qui est transmis au circuit 74LS132N. Le signal TX de l'USB-MB5 est modulée en largeur d'impulsion (PPM) avant d'être transmis au circuit 74CH04 pour être inverse et transmis après à travers les LEDs.

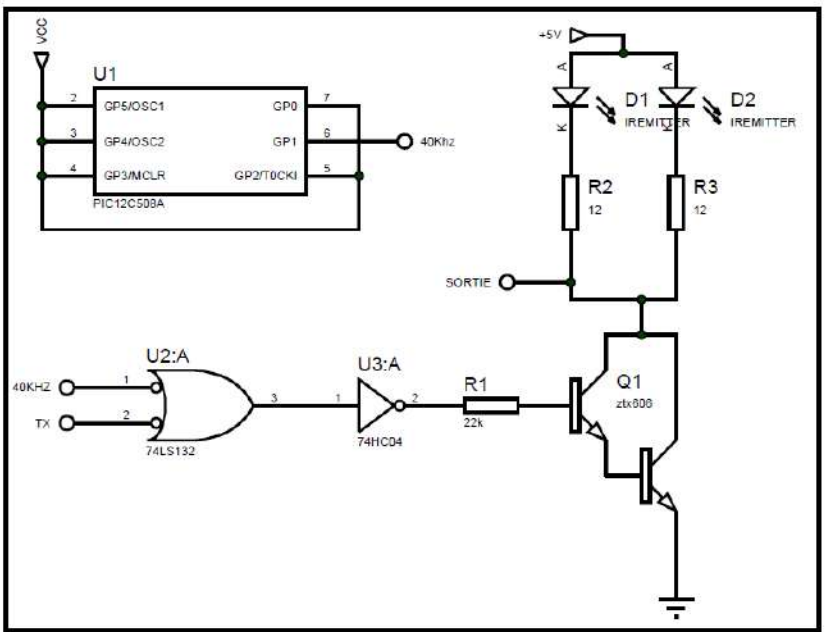


Figure II.2: Schéma d'émetteur LIFI

II.2.Le récepteur LI-FI :

La partie de réception est constituée d'une photodiode BS120, un KA2184 comme préamplificateur, une boucle MM74HC4046N à verrouillage de phase, et un inverseur 74LS04. Les signaux lumineux reçus par la photodiode est pré amplifiéspar le préamplificateur avant d'être démodulé par la boucle à verrouillage de phase. Le circuit KA2184 est associé à une inductance qui détermine la sensibilité du récepteur.

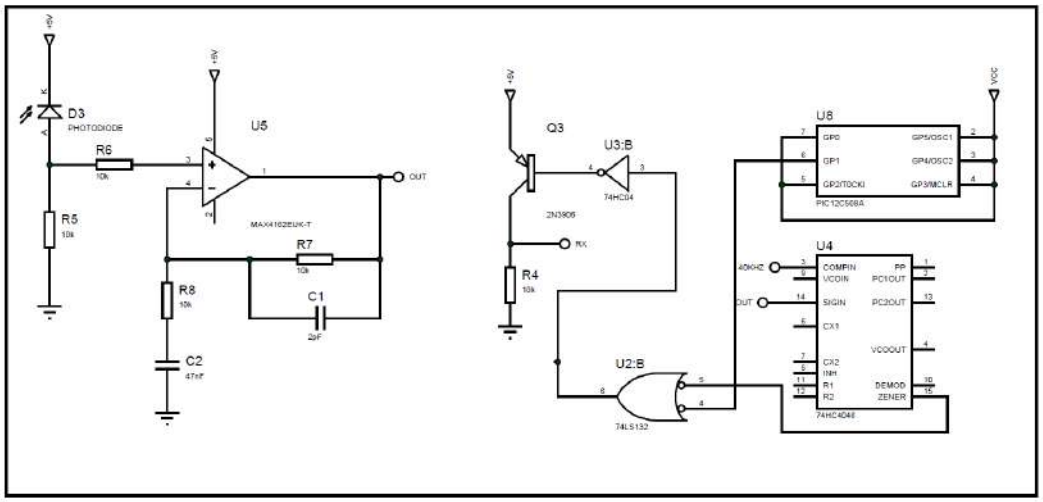


Figure II.3 : schéma Le récepteur LI-FI

III.Choix des composants :

III.1.Les microcontrôleurs :

Un microcontrôleur est une unité de traitement de l'information de type microprocesseur contenant tous les composants d'un système informatique, à savoir microprocesseur, des mémoires et des périphériques (ports, timers, convertisseurs…). Chaque fabricant a sa ou ses familles de microcontrôleur. Une famille se caractérise par un noyau commun (le microprocesseur, le jeu d'instruction…).

L'utilisation des microcontrôleurs pour les circuits programmables à plusieurs points forts :

• Un microcontrôleur intègre dans un seul et même boîtier ce qui, avant nécessitait une dizaine d'éléments séparés. Il résulte donc une diminution évidente de l'encombrement de matériel et de circuit imprimé.

• Cette intégration a aussi comme conséquence immédiate de simplifier le tracé du circuit imprimé puisqu'il n'est plus nécessaire de véhiculer des bus d'adresses et de donnée d'un composant à un autre.

• L'augmentation de la fiabilité du système puisque, le nombre des composants diminuant, le nombre des connexions composants/supports ou composants/circuits imprimer diminue.

• Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts.

III.1.1.Le microcontrôleur Pic12F508:

Le Pic12F508 que nous avons choisie est un microcontrôleur de la firme MICROCHIP, et qui fait partie intégrante de la famille des Mid Range (16) dont la mémoire programme est de type flash (F) de type 508 et capable d'accepter une fréquence d'horloge maximale de 4Mhz.

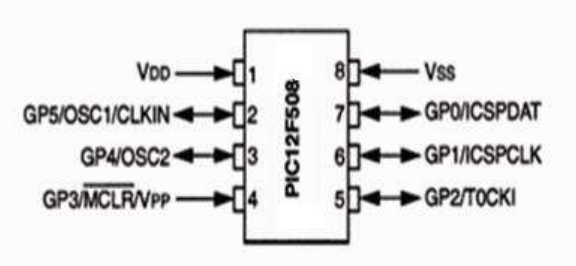


Figure. II.4 : Brochage du circuit.

Le tableau suivant donne les fonctions des différentes broches :

numéro de Pin	NOM et Pin Fonction
1	VDD : Power Supply
2	No contacté
3	No contacté
4	GP3/MCLR/Vpp :
5	No contacté
6	GP1/CIN-/VREF
7	GP0/CIN+
8	Vss : Ground

Tableau II.1. Fonctionnements des broches

III.1.2. Architecture générale :

Le Pic12F508 est constitué des éléments suivants :

- un système d'initialisation à la mise sous tension (power-up timer, …).
- un système de génération d'horloge à partir du quartz externe (timing génération).
- une unité arithmétique et logique (ALU).
- une mémoire flash de programme de 1k "mots" de 14 bits.
- un compteur de programme (program counter) et une pile.
- un bus spécifique pour le programme (program bus).
- un registre contenant le code de l'instruction à exécuter.
- un bus spécifique pour les données (data bus).
- une mémoire RAM contenant.
- les SFR.
- 68 octets de données.
- une mémoire EEPROM de 64 octets de données.
- 2 ports d'entrées/sorties.
- un compteur (timer).
- un chien de garde (watchdog).

III.1.3.Utilisation du pic12F508 pour générer un signal PWM :

La modulation de largeur d'impulsion (Pulse Width Modulation ou PWM) consiste à commander le rapport cyclique (duty cycle) d'une onde carrée à fréquence fixe. Ce principe permet de transférer à une charge une énergie proportionnelle à ce rapport cyclique.Les microcontrôleurs PICutilise la PWM facilement à travers un générateurs de PWM intégré - tout ce qu'on doit faire est de configurer les registres de contrôle de ce générateur.Le fonctionnement du module PWM est indépendant du fonctionnement du reste du programme.

La fréquence et le Duty Cycle sont alors précis. La fréquence peut être définie dès le début pour tout le programme (à la phase d'initialisation). Le Duty cycle peut être modifié dans le programme.

La figure suivante présenté la modulation de largeur d'impulsion **PWM**

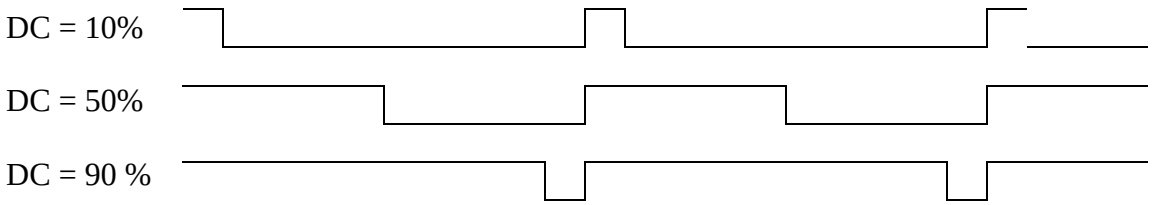


Figure II.5 : la modulation de largeur d'impulsion PWM

III.2.Programmations de pic 12F805 :

III.2.1Les langages de Programmation :

Le langage de programmation C est la référence pour programmer les microcontrôleurs avec des exigences temps réel. En effet, ce dernier présentel'avantage d'être un langage de programmation orienté matériel. Le code machine généré par le compilateur est presque optimal en ce qui concerne d'une part la taille de la mémoire requise et d'autre part la vitesse d'exécution du programme.

III.2.2.Le Langage Assembler :

Les applications programmées uniquement en assembleur sont relativement rares. Par contre, l'assembleur est souvent combiné avec du C ou du C++. Ce langage est principalement utilisé pour optimiser individuellement les fonctions. Comme par exemple pour les drivers (accès direct au Hardware) ou les algorithmes qui nécessitent des calculs intensifs.

Dans notre cas nous avons choisi de développer en assembleur pour optimiser le programme. Le développement a été réalisé à l'aide de l'IDE MPLAB de Microchip.

Un programme sous MPLAB est divisé en trois parties principales :

1. Partie des inclusions de bibliothèques.
2. Partie de déclaration.
3. Partie corps du programme.

À la fin d'une ligne on met (pas de **";"** comme en pascal). Mais pour mettre des commentaires (assez utile !), on utilise un point-virgule suivi d'un commentaire.

III.2.3.Les Registres :

Il existe deux "banks" dans lesquels sont contenus les registres. On passe de l'un à l'autre par :

bsf STATUS,RP0 => passage bank 1

bcf STATUS,RP0 => retour bank 0

Nous n'allons pas détailler tous les registres qui existent, car ils sont différents pour chaque PIC. Pour cela on doit étudier le datasheet fourni par microchip, qui est très complet et précis. Mais voyons déjà les registres classiques :

- Le registre de travail : **W** : c'est un registre temporaire qui est utilisé pour manipuler les données.
- Le registre STATUS : bits C, DZ, Z : permettent de tester le résultat d'une opération (résultat nul, etc...)
- Le registre OPTION_REG : pour définir le mode de timer, prescaler, etc...
- Le registre INTCON : pour les interruptions
- Les registres PORTA, PORTB, TRISA, TRISB : pour les ports
- Le registre TMR0 : pour le timer 0.

Chaque registre est constitué de bits (8 en général), qu'on doit mettre à 1 ou 0 séparément ou en même temps.

III.2.4.Les Ports E/S :

Le PIC12F508 a deux ports RB0/GP0 and clock pin RB1/GP1 (soit un total de 5 E/S configurables séparément).Pour les configurer, il faut utiliser les registres TRISGP0 et TRISGP1, un bit à 1 mets une ligne en entrée ; un bit à 0 le met en sortie.

III.2.4Les Opérateurs :

Il existe pour le PIC12F508près de 33 instructions : ces instructions traitent des variables, des données, des bits, etc... En fait on doit mettre soit W ou f : si on met W, le résultat de l'opération sera mis dans W. Pour f, il sera dans la variable elle-même (par ex : déc. variable, W : le résultat de la décrémentation de variable sera dans W, et la variable ne changera pas ; si on a déc. variable, f, c'est variable qui est réellement décrémentée).

IV.Le circuit74LS132 :

Pour notre transmission le microcontrôleur 12F508 fournit un signal actif bas, et nous avons également à un signal TX faible lorsque l'oscillateur est éteint, nous avons réellement besoin d'un trigger de Schmitt porte NOR, qui est difficiles à obtenir, alors nous faisons une NOR de notre NAND par inversement de l'entrée de la sortie. Nous pouvons utiliser deux des trois portes de NAND du 74HC132 pour cela. Le signal de sortie inversé peut alors être utilisé pour exciter le transistor ZTX 606 qui à son tour commute la LED de transmission.

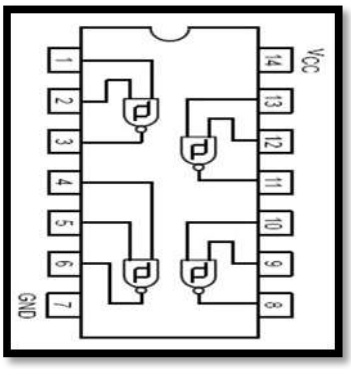


Figure II.6 : Le circuit 74LS132

74LS132contientquatreportes NANDà 2 entré es tous Schmitt qui acceptent les signaux d'entrée TTL standard set offrent des niveaux de sortie TTL standard.

V.Le circuit 74HC04 :

Dans notre montage, Le rôle du 74HC04 est d′inverser les deux signaux de sorties du 74lS132 trigger schmitt et le signal de l'horloge 40 khz venant du microcontrôleur PIC 12F508. Le 74HC04 Ce sont des circuits intégrés très répandus. Leur technologie utilise des transistors bipolaires.

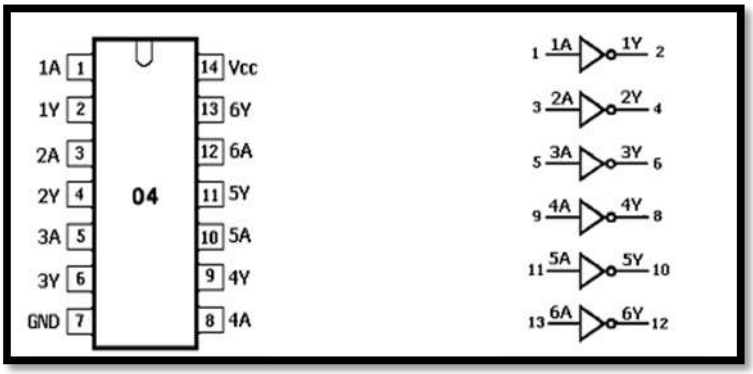


Figure II.7 : Circuit et diagramme du 74HC04.

VI.FT232R - FTDI :

Le FT232R est un adaptateur USB/série UART avec un trafic de transfert de données allons de 300 bauds à 3 MBauds (RS422, RS485, RS232) aux niveaux logiques TTL, 128 octets tampon de réception et 256 octets émission. On utilise cet adaptateur comme interface entré/sortie.

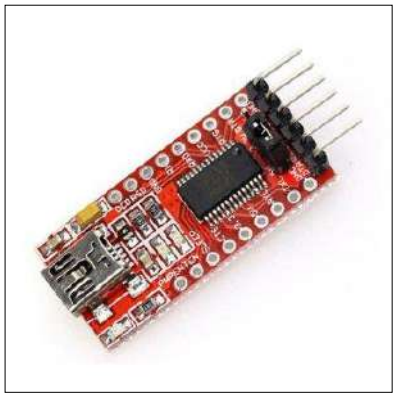


Figure II.8 : Adaptateur USB vers série

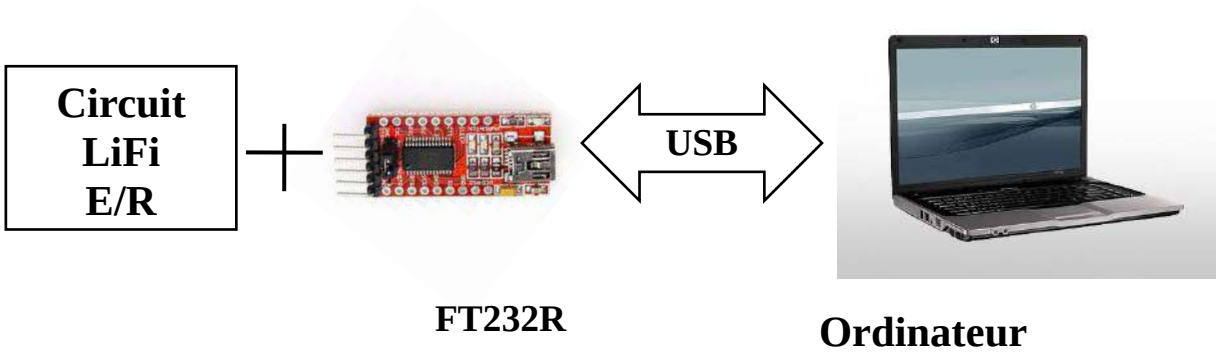


Figure II.9 : communication carte LIFI avec Ordinateur à travers interface FT232R.

VII.Les LEDS :

La LED, est un composant optoélectronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Une diode électroluminescente ne laisse passer le courant électrique que dans un seul sens (le sens passant, comme une diode classique, l'inverse étant le sens bloquant).



Figure II.10: les défèrent forme des LEDS

VII.1.Types de LED:

Il existe des LED de différentes tailles, différentes puissances, différentes caractéristiques, mais nous n'en citerons que quelques-unes.

Les LED de faible puissance (Low Power Led - LoP) : sont généralement utilisées dans les spots et ampoules décoratives (DECO LED), de balisage ou d'ambiance, car leur puissance lumineuse est relativement faible. Cette technologie offre néanmoins l'avantage d'être bon marché.

Les LED SMD (Semi Mountain Device- SMD) : offrent une puissance d'éclairage suffisante pour être intégrées dans des ampoules ou spots dit « d'éclairage d'appoint » (cette technologie évolue et permet d'avoir un éclairage de plus en plus puissant surtout sur les rubans led), c'est également cette technologie que l'on retrouve dans les rubans led (appelée strip led ou flexible led).Cette technologie offre un excellent rapport : puissance d'éclairage / prix et de plus très fiable avec une durée de vie importante.

Les LED de forte puissance (High Power Led - HiP) :elles offrent une puissance suffisante pour intégrer des ampoules et spots dit « d'éclairage direct ». Ainsi, il existe sur le marché des spots équipés de ces LED capables de remplacer des spots halogènes de 60 watts mais en consommant uniquement 6-8 watts (soit 10 fois moins). Cette technologie est néanmoins relativement chère à l'acquisition mais se révèle très avantageuse à l'utilisation grâce aux très importantes économies générées. Pour exemple 3 LED de forte puissance (HiP) produiront une puissance lumineuse bien supérieure à 20 LED de faible puissance (LoP).

VIII.Photodiode :

Une photodiode est un composant semi-conducteur ayant la capacité de détecter un rayonnement du domaine optique et de le transformer en signal électrique.

La photodiode PN est, comme son nom l'indique, une jonction p-n, généralement utilisée en polarisation inverse. Dans ce cas, les porteurs majoritaires sont bloqués par le champ électrique dans la zone de charge d'espace, et le courant résulte donc du passage des porteurs minoritaires à travers la jonction. Le courant est dans ce cas limité par le faible taux de génération de porteurs minoritaires dans le voisinage de jonction. Sous l'action de la lumière, des paires électron-trou peuvent être générées dans le semi-conducteur, si la longueur d'onde de la lumière est $\lambda_c = \frac{hc}{E_g}$, inférieure à :

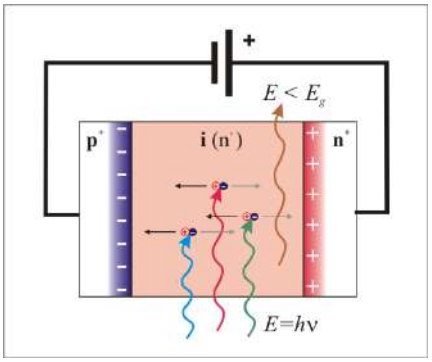
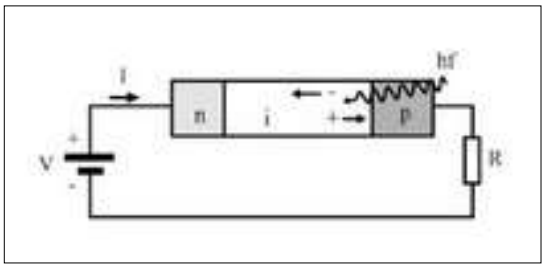


Figure II.11: principe de fonctionnement de photodiode

Idéalement, le courant inverse sera proportionnel à l'intensité de la lumière et nul en l'absence de lumière. Dans ce cas, la tension aux bornes de la résistance R sera proportionnelle au courant, et donc proportionnelle à l'intensité de la lumière. En réalité, un faible courant existe même dans le noir (courant d'obscurité).

VIII.1.Structure de pin photodiode :

Un photodiode et avant tout est une diode ; c'est-à-dire un composant constitué de deux matériaux semi-conducteur accolés et dopésl'un par des donneurs (type N)l 'autre des accepteurs (type P). Dans le cas où les deux matériaux sont de même nature, on parle d'homo jonction. Dans le cas contraire on par LED 'hétéro jonction .



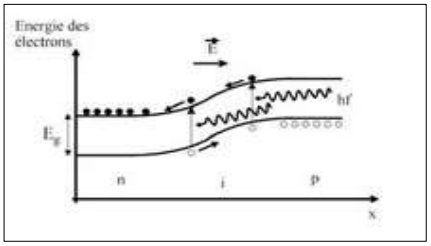


Figure II.12 : structure de pin photodiode

VIIII.Préamplificateur optique le KA2184 :

La fonction principale d'un préamplificateur est d'extraire le signal provenant pin photodiode, sans dégrader de manière significative le signal intrinsèque bruit. Par conséquent, le préamplificateur est situé aussi près que possible du la photodiode, et les circuits d'entrée sont conçus pour correspondre à la caractéristiques de ce dernier.

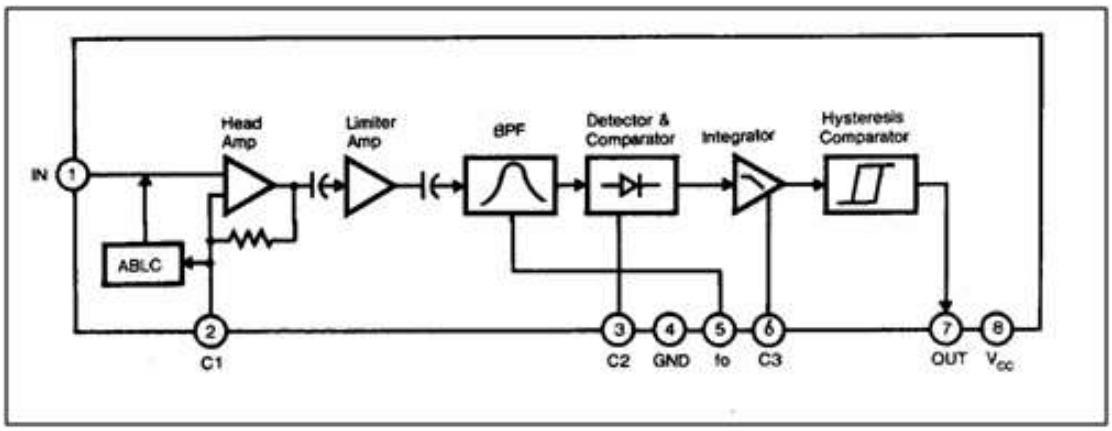


Figure II.13 : Principe du préamplificateur ka2184

X.Module de réception :

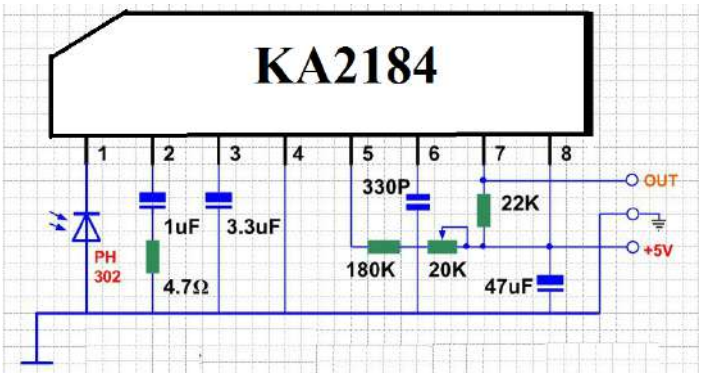


Figure II.14 : Module de réception

La sortie est sur pull up de forte valeur, donc sensible aux parasites. La durée d'un burst doit est à 10 périodes de la porteuse. Le retard de détection est compris entre 7 et 15 périodes. La durée du silence est d'au moins 14 périodes, et ce paramètre est très important. La sensibilité se dégrade fortement avec un signal 40Khz continus. Le signal de sortie dure la durée du burst +/- 6 périodes. Le signal de test standard est constitué par un burst de 600µs 24 périodes à 40kHz suivi par un silence équivalent. Enfin, et ce n'est pas spécifié, le rapport cyclique du signal 40Khz est lui aussi important. Il doit être idéalement entre 25 et 75%. Les

modules intégrés ne réagissent pas correctement à des signaux à très faible rapport cyclique comme 10% et en dessous. Finalement ces modules sont très bien pour des liaisons de portée faible (max ~4m).

XI.Le MM74HC4046N :

XI.1.Description structurelle du montage PLL :

Il existe des PLL intégrées dans un seul circuit. On utilisera le 4HC4046 HCMOS (High-speed CMOS). Ce modèle contient plusieurs comparateurs de phase. Il faudra donc choisir lequel on devra utiliser.

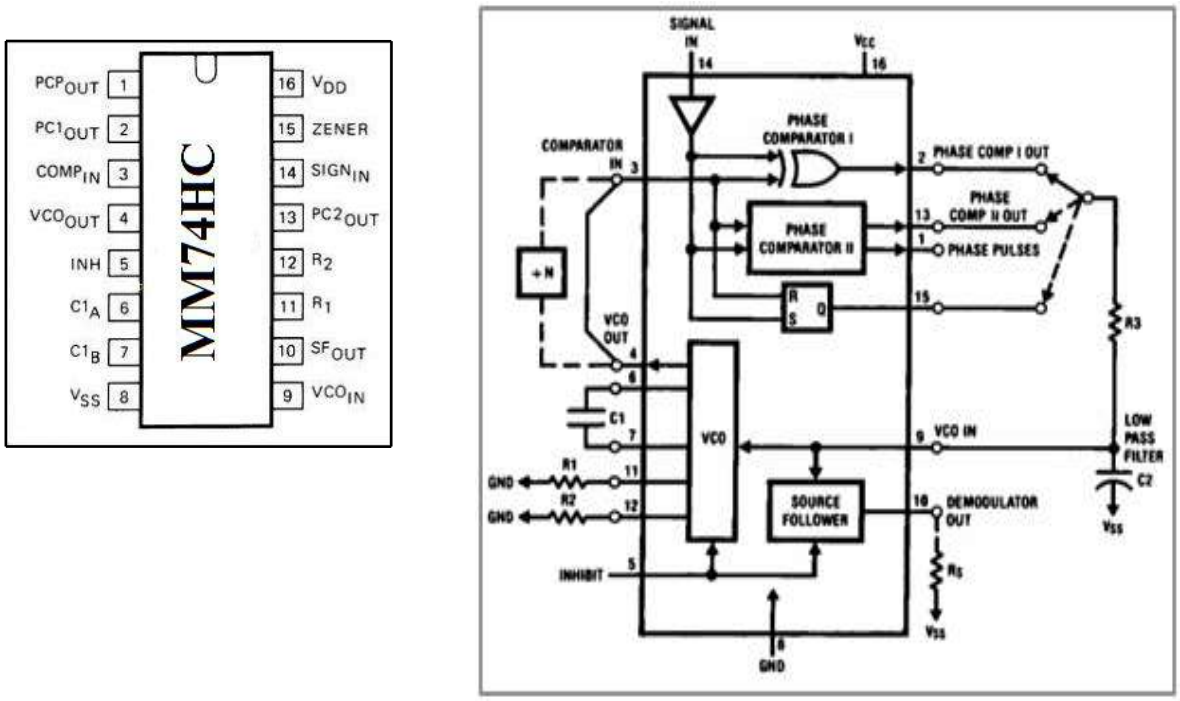


Figure II.15 : Circuit et diagramme du MM74HC4046.

XI.2.La démodulation en transmission par modulation de fréquence (MDF) au circuit MM74HC4046 :

Le circuit MM744046N fournit une tension Vc (commande du VCO interne) qui est l'image de la fréquence d'entrée fi.

Les variations de fréquence brutales ou lentes (son en démodulation de bande FM), sont restituées sous forme de tension Vc(t) image des variations de fréquence fi(t).

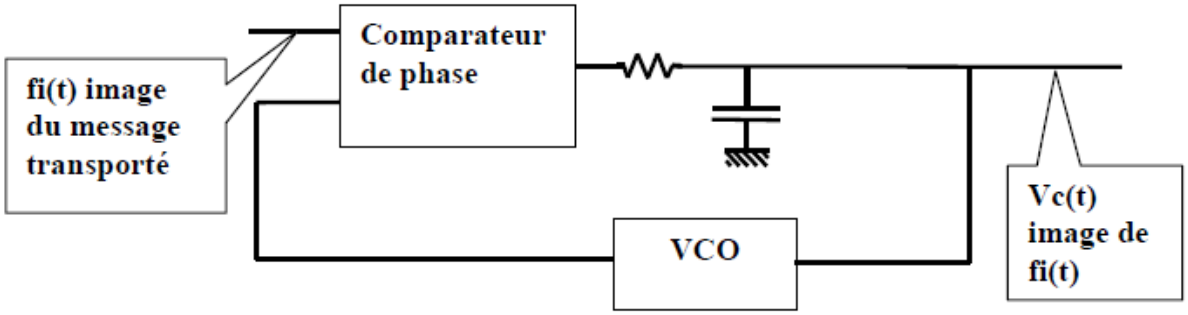


Figure II.16 :L'asservissement de circuit MM74hc4046

L'asservissement de circuit MM74hc4046 est un asservissement de fréquence (ou pulsation) à retour unitaire, de classe un.

La consigne C est la fréquence fi (ou pulsation) du signal entrant.

Le retour R est la fréquence fc (ou pulsation) du signal fourni par le VCO de la PLL.

La PLL est constituée matériellement par les deux fonctions

- Un VCO caractérisé par sa pente et sa pulsation libre.
- Un comparateur de phase de pente**.**

Le schéma suivant suggère un comparateur de phase à porte OUEX, sur le circuit PLL digitaux type CMOS MM74HC4046.

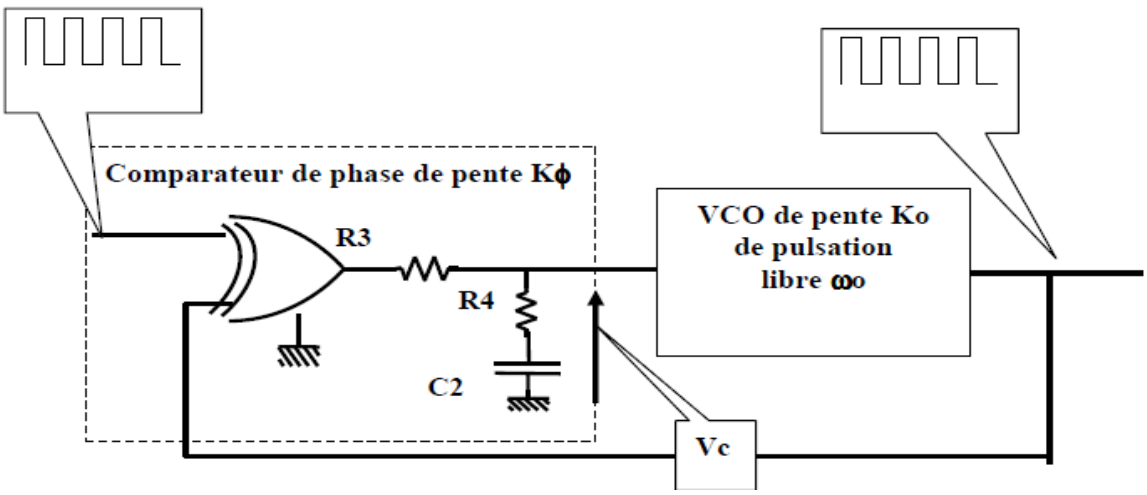


Figure II.17 : les deux fonctions de l'asservissement CMOS 74HC4046 illustrées sous forme de fonctions logiques dans le circuit alimenté en 5V

Les circuits PLL analogiques utilisent une structure de mélangeur à trois différentiels (équivalent analogique du OUEX).

Une résistance R4 peut parfois apparaître dans la structure du passe bas R3, C2 comme

Élément correcteur pour assurer des performances spécifiques. Dans une première approche le correcteur sera ignoré (R4 = 0).

Dans MM74HC4046 le signal d'entrée, quelque soit sa forme, est mis en forme binaire compatible avec la fonction OUEX.

- Le signal fourni par le VCO est également binaire.
- La tension filtrée Vc est l'image de l'écart de phase des signaux fournis au comparateur CP.
- La tension Vc commande la fréquence du signal fourni par le VCO.

Cette tension constitue le signal utile restitué par la MM74HC4046 dans les applications de démodulation en transmission par modulation de fréquence.

XI.3.Le fonctionnement du comparateur de phase CP :

Le comparateur de phase est l'ensemble OUEX et passe bas R C.

Nous détaillons le mécanisme du comparateur de phase présenté dans le schéma, le principe serait similaire dans le cas d'un comparateur à mélangeur analogique.

Tous les signaux sont au format de la logique CMOS alimentée en Vdd = 5V.

L'asservissement de classe un, est supposé fonctionnant, par conséquent en régime statique,

les signaux sont rigoureusement à la même fréquence fc = fi et leur période commune est notée Ti = Tc = T.

Un écart temporel de valeur « t » les sépare.

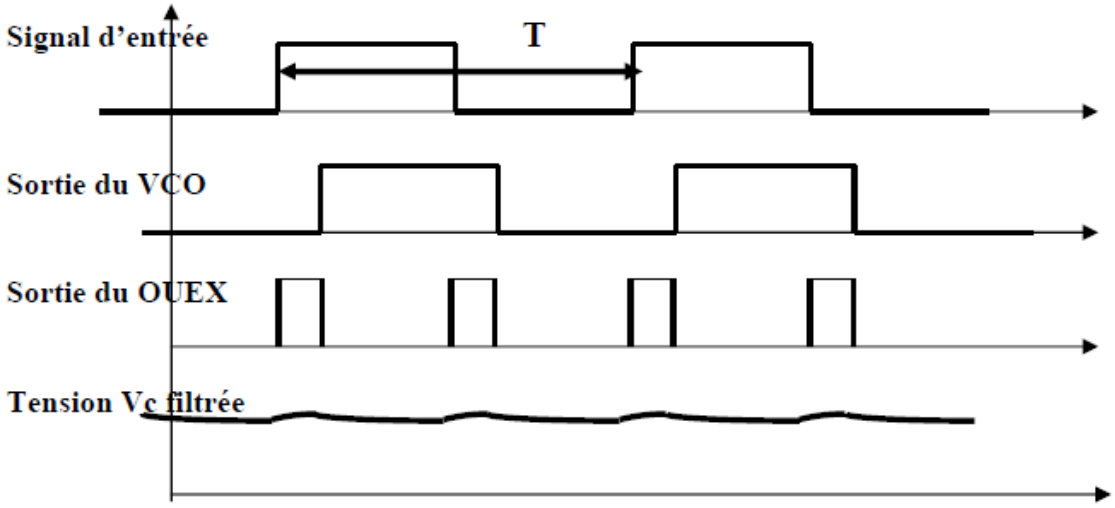


Figure II.18 : Le fonctionnement du comparateur de phase CP.

.

XII. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents schémas de fonctionnement (émission, réception) et le choix des composants qui les constituent. Ainsi que les informations nécessaires pour la configuration du pic utilisant le logiciel MPLAB La mise en marche et tests de notre application Li-Fi sera détaillé dans le chapitre suivant.

Chapitre 3

Réalisation et mise en marche

Réalisation et mise en marche

I.Introduction :

Ce chapitre est consacré au test et aux présentations de des différent logiciel qui nous utilisons dans notre projet, pour la simulation et le traçage de circuit imprimer en utilise le logiciel Proteus v8 et pour la programmation du pic on utilise le pic c compiler, et pour flasher le programme dans le pic le logiciel utilisé est le picKIt2.

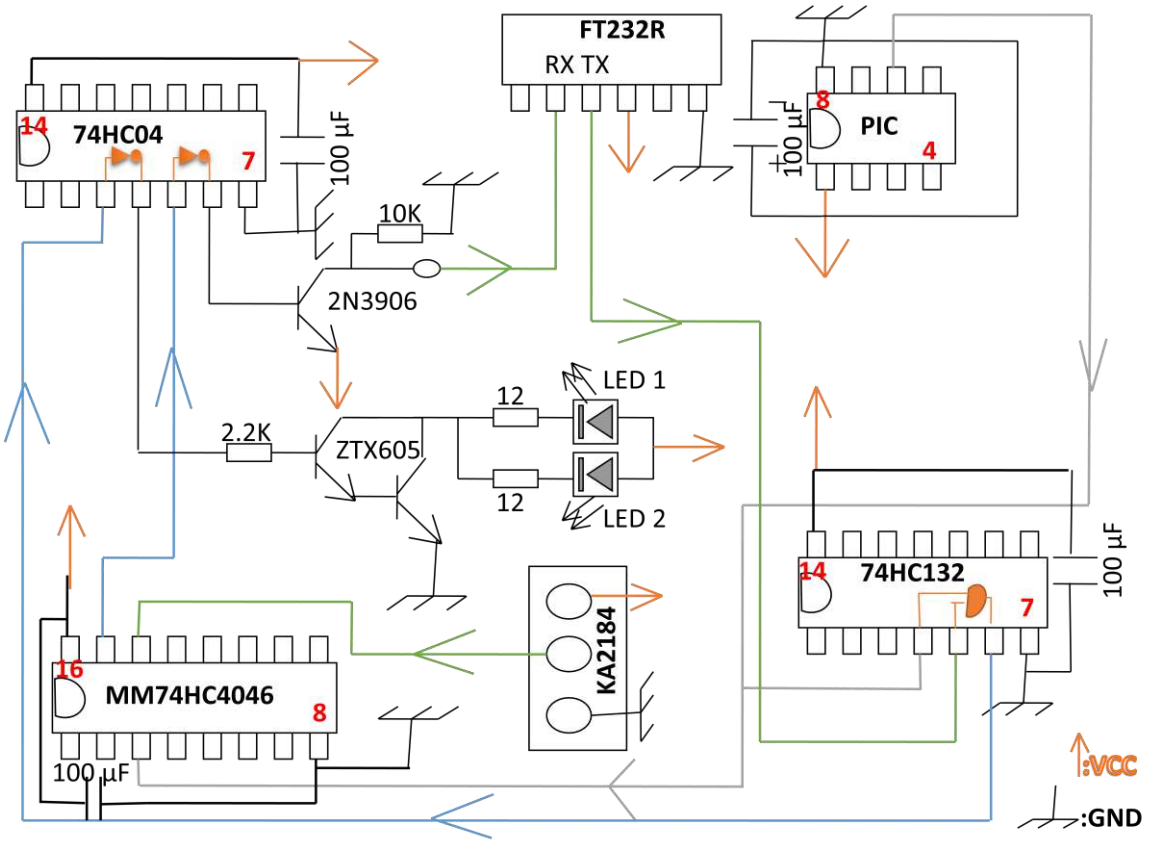


Figure III.1.schéma de montage des circuits.

II.Présentation générale de PROTEUS :

Le logiciel PROTEUS est composé de trois modules :

L'éditeur de schéma ISIS

Le simulateur LISA

L'outil de conception de circuit imprimé ARES

ISIS produit d'une part, une liste d'équipotentiels qui peut être utilisée par le simulateur LISA et l'outil de conception de circuit imprimé ARES, d'autre part, une liste de matériel et des rapports de contrôle des règles électriques. LISA est un ensemble de modules de simulation lié à ISIS. Le noyau de simulation PROSPICE est basé sur la version 3F5 du moteur SPICE publié par l'université de Berkeley.

ARES est un module de conception de circuit imprimé compatible Windows XP et win7. Il permet le placement des composants en mode automatique, manuel ou semi-automatique et le routage des liaisons surplusieurs couches en mode automatique manuel ou semi-automatique.

III.LANCEMENT DU MODULE ISIS :

Dans le menu *Démarrer* sélectionnez *Programme* puis *Proteus 8professionnel*puis*ISIS 8 Professional.*

Double cliquez sur l'icône ISIS placée dans le bureau.

III.1.Interface d'utilisation :

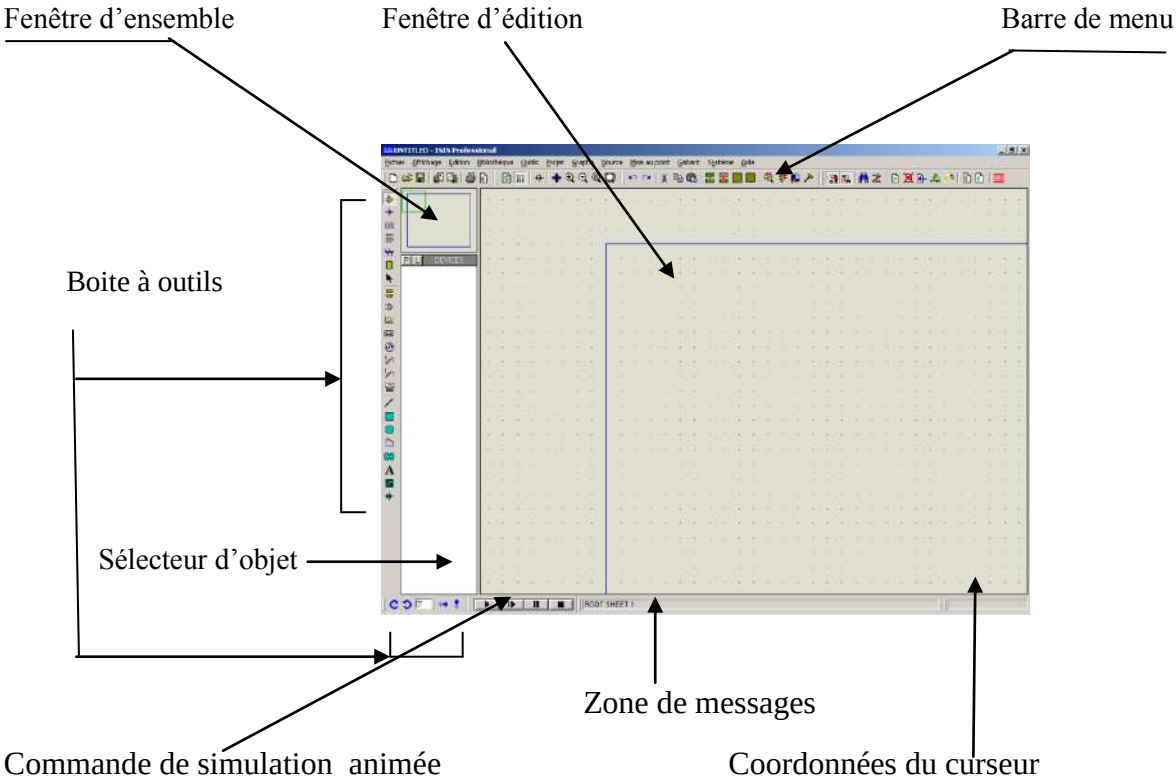


***Figure III.2.Interface d'utilisations de** Proteus*

III.2.Fenêtre d'ensemble :

Le cadre en bleu délimite l'espace de travail tel qu'il a été défini par la commande **'***Définir taille des feuilles'* du menu **'***système'***.**

Le cadre en vert délimite la zone de travail, c'est à dire la partie du schéma visible dans la fenêtre principale.

- Vous pouvez déplacer cette zone de travail en pointant la souris sur la zone désirée de la fenêtre d'ensemble et en effectuant un clic gauche.
- Vous pouvez redéfinir la zone de travail dans la fenêtre d'ensemble en appuyant sur la touche majuscule '***shift***'du clavier, associée au déplacement de la souris en maintenant appuyé le bouton gauche.

III.3.Fenêtre d'Edition :

C'est dans cette fenêtre que vous éditerez votre circuit. Elle ne représente que la partie du circuit qui est définie par le cadre vert dans la fenêtre d'ensemble.

- Vous pouvez redéfinir la zone travail à l'aide de la fenêtre d'ensemble ou en utilisant la commande '*Zoom*' du menu '*Affichage*'.

III.4.La boite à outils :

Elle est composée d'un ensembled'icônesdont les fonctions seront détaillées ultérieurement et d'un sélecteur d'objet utilisé pour choisir les boîtiers, le style des pastilles, des traces, des traversées, etc...

III.5.Coordonnées du curseur :

Les coordonnées déterminent la position du curseur par rapport à l'origine qui par défaut se trouve au centre de la fenêtre d'édition. Les coordonnées sont affichées en 1/1000 de pouce (th).

III.6.Raccourcis clavier des fonctions d'édition courantes :

Rajustement de la fenêtre de visualisation : placez le pointeur de la souris à l'endroit que vous voulez agrandir puis utilisez les touches F6 à F8.

Occultation de la grille touche G.

Ajustement du pas de grille : touches F2 à F4.

Définition d'une nouvelle origine : touche O.

Marquage d'un objet : cliquez sur l'objet à l'aide du bouton droit de la souris, il passe en surbrillances.

Démarquage d'un objet : cliquez avec le bouton droit de la souris dans une zone vierge de la feuille.

Annuler la dernière commande : Ctrl Z.

Rétablir la dernière commande : Ctrl Y.

Effacement d'un objet : cliquez 2 fois avec le bouton droit de la souris.

IV.Etapes de la saisie de schema :

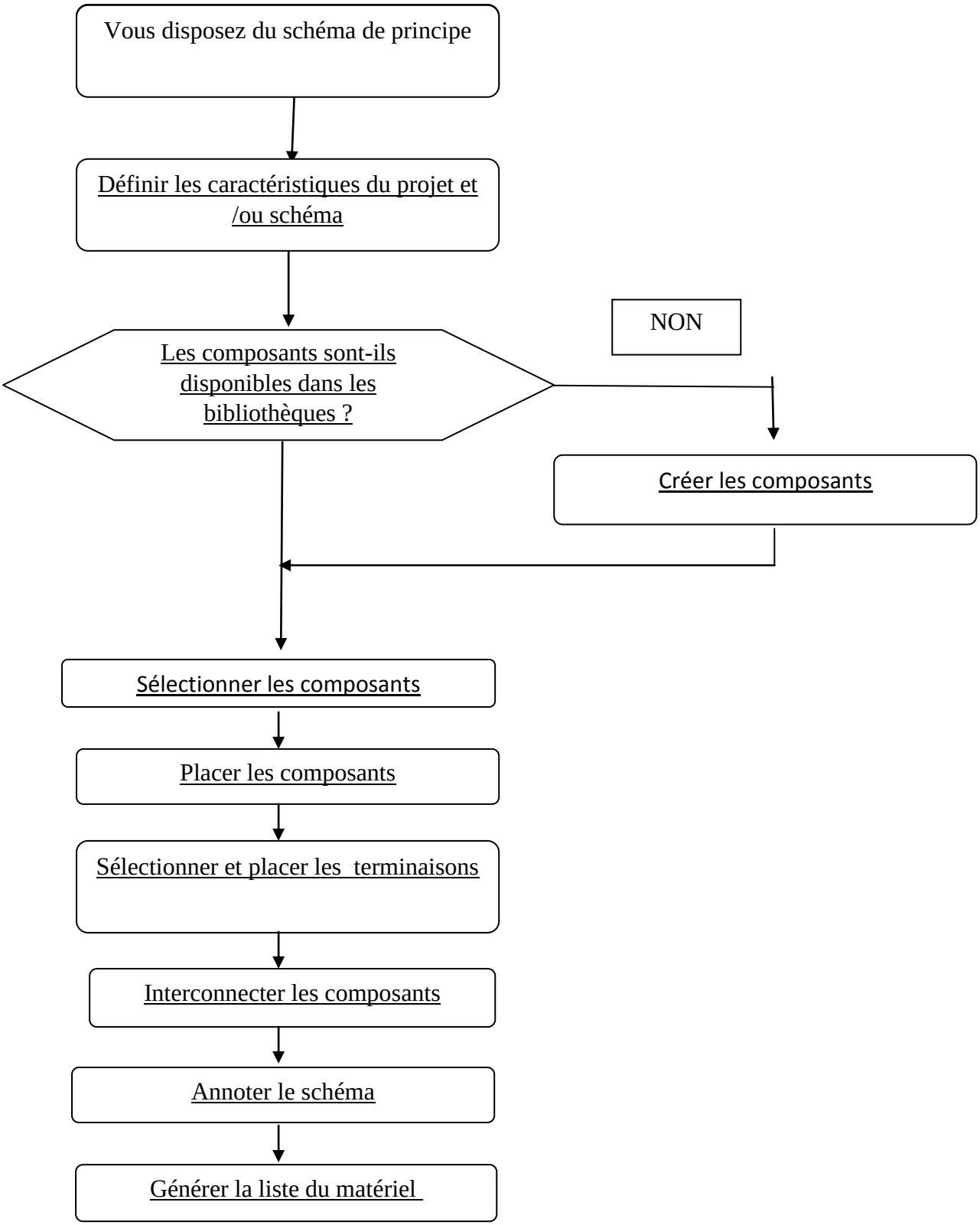


Figure III.3.organigramme des etapes de la saisie de schema

V.Choix des langages, logiciel :

De nombreux projets l'utilisation d'un microcontrôleur devient rapidement indispensable. Onentendparler du C, du C++ et du langage assembleur. L'assembleur c'est le langage machine, difficile à apprendre mais permet d'avoir des programme optimiser, rapide et d'apprendre comment fonctionne un µC. Le langage qui je pense et le plus rependu pour la programmation de µC et le C, car plus facile à apprendre et prend le moins de temps pour la programmation. Celui-ci sera traduit par le compilateur en assembleur puis compiler en un fichier hex (hexadécimal).La programmation des microcontrôleurs se fait naturellement en langage assembleur. Micro chip propose MPLAB IDE, un environnement de développement performant, Il permet d'éditer lecode source (sous la forme d'un fichier texte avec extension .asm), de le simuler et de le débugger.

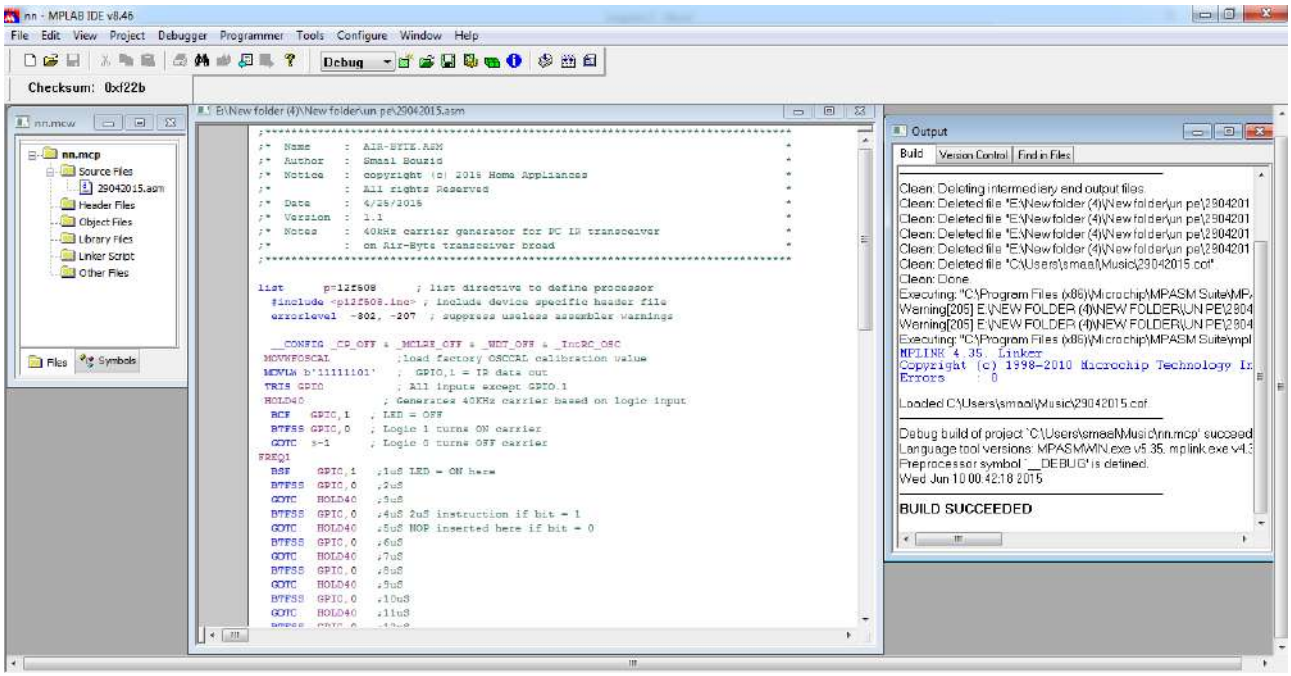


Figure.III.4L'interface MPLAB IDE V8.4b

VI.Programme du microcontrôleur en langage assembleur :

```
list      p=12f508      ; list directive to define processor

 #include <p12f508.inc> ; include device specific header file
```

```
 errorlevel  -302, -207  ; suppress useless assembler warnings

__CONFIG _CP_OFF & _MCLRE_OFF & _WDT_OFF & _IntRC_OSC

MOVWFOSCAL          ;load factory OSCCAL calibration value

MOVLW b'11111101'   ;  GPIO,1 = IR data out

TRIS GPIO           ; All inputs except GPIO.1

HOLD40              ; Generates 40KHz carrier based on logic input

BCF   GPIO,1   ; LED = OFF

FREQ1

BSF    GPIO,1   ;1uS LED = ON here

BTFSS  GPIO,0   ;2uS

GOTO   HOLD40   ;3uS

BTFSS  GPIO,0   ;4uS 2uS instruction if bit = 1

GOTO   HOLD40   ;5uS NOP inserted here if bit = 0

BTFSS  GPIO,0      ;6uS

GOTO   HOLD40   ;7uS

BTFSS  GPIO,0      ;8uS

GOTO   HOLD40    ;9uS

BTFSS  GPIO,0      ;10uS

GOTO   HOLD40    ;11uS

BTFSS  GPIO,0      ;12uS

GOTO   HOLD40   ;13uS

BCF    GPIO,1       ;14uS LED = OFF here

BTFSS  GPIO,0      ;15uS

GOTO   HOLD40   ;16uS

BTFSS  GPIO,0      ;17uS

GOTO   HOLD40   ;18uS

BTFSS  GPIO,0      ;19uS

GOTO   HOLD40   ;20uS
```

```
BTFSS  GPIO,0     ;21uS

GOTO   HOLD40   ;22uS

BTFSC  GPIO,0     ;23uS

GOTO   FREQ1     ;25uS, GOTO requires 2uS, 25uS total=40KHz

BCF    GPIO,1        ;else LED = OFF

GOTO   HOLD40   ;return to monitor input pin

END
```

VII.Programmation du microcontrôleur le 12F508 :

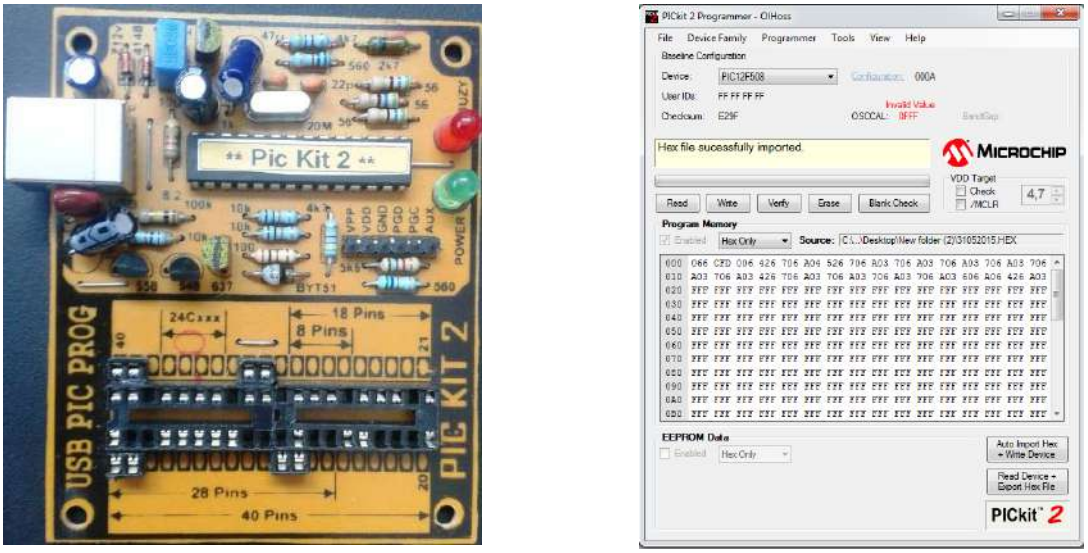


Figure.III.5.PICkit 2 programmer et son logiciel de programmation

Apres la compilation de notre programme assembleur en hexadécimal par MPLAB, le programmeur PICkit2 se chargera de la programmation de notre pic 12F508.

VII.1Programme du pic en hexadécimal :

```
: 020000040000FA

: 100000006600FD0C060026040607040A26050607FE

: 10001000030A0607030A0607030A0607030A060778

: 10002000030A0607030A26040607030A0607030A4B

: 100030000607030A0607030A0606060A2604030A39

: 021FFE00EA0FE8
```

: 00000001FF

VIII.Acquisitions des composants et Simulation avant l'envoi de l'information :

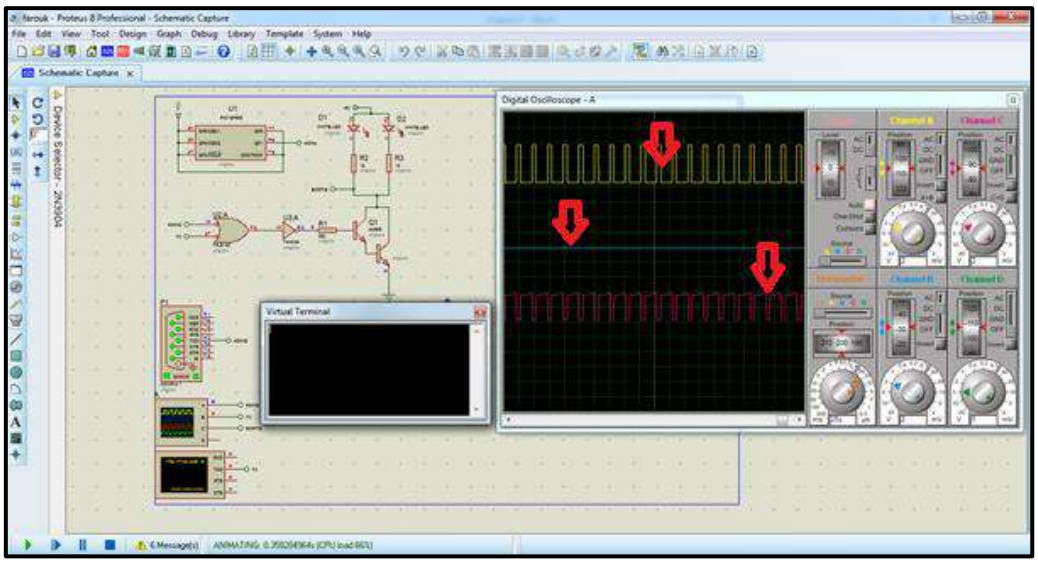


Figure.III.6.Simulation sans envoi d'information

Apres l'acquisition des composants dans la fenêtre d'édition on lance la simulation du premier coup d'œil on voit la modulation PPMindique en signal carre couleur jaune dans oscilloscope Virtuel du logiciel Proteus c'est notre fréquence 40Khz qu'on a générer avec le pic 12f508.Le trais continue en couleur bleu indiqué sur l'oscilloscope s'est Tx venant du port série de l'ordinateur et enfin le signal indiqué en couleur rose c'est le signal lumineux à la sortie des deux leds.

IX.Simulation et interprétation des graphes après l'envoi de l'information :

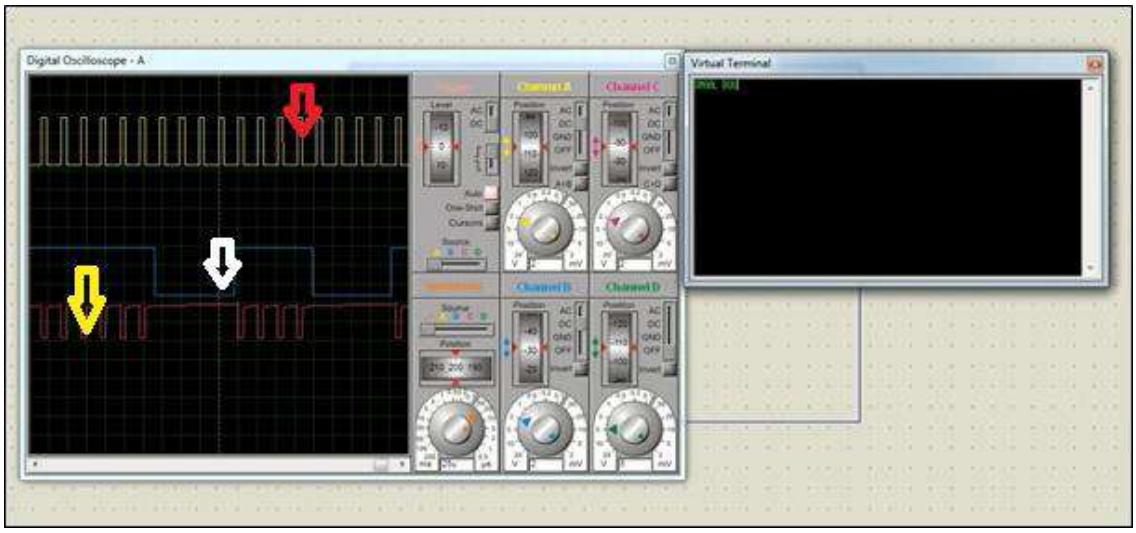


Figure.III.7.Simulation sans envoi d'information

Cette fois on lance la simulation puis on écrit un mot sur le terminal virtuel, on a remarqué un grand changement dans l'oscilloscope de Proteus, pour le signal indique en couleur jaune pas de changement mais au niveau du signal indique en couleur bleu on voit clairement l'information Venant du terminal et à la sortie des LEDS blanches lumineuse notre signal data associe avec la porteuse 40Khz.donc pour l'émetteur l'information a étais envoyer avec succès. A la réception on a eu un problème au niveau de la bibliothèque du simulateur Proteus on n'a pas trouvé les composants suivant : le GL3276 et le KA2181ou le KA2184 donc on a décède de réaliser ce projet pratiquement pour voir réellement est ce que l'information a étais réellement acquis par le récepteur ou non pour cela on a choisi de faire un montage pratique on utilise pour cela EAGLE v7.

X.Présentation d'EACLE v7 :

Comme nous l'avons vu dans la réalisation d'un schéma, Eagle a pour philosophie de générer une couche pour chacune des caractéristiques d'un objet. Ainsi pour le symbole d'un composant dans un schéma, il existe au moins 4 couches indispensables : Pins, Symbols, Names, Values pour créer un symbole qui reste quelque chose de virtuel. Et pour le schéma, on rajoutera les couches Net et éventuellement Busses. Quand il s'agit de créer un circuit imprimé, un PCB, on entre dans un espace réel à trois dimensions avec une multitude de caractéristiques qui n'ont parfois aucun lien avec l'électronique proprement dite. Avant tout, un composant physique aura évidemment un nom et une valeur, les mêmes que son symbole dans le schéma correspondant. Il occupera une Placeur le PCB. Mais un composant aussi doit être soudé à ses points de contact (Pad), donc à chaque Pin du symbole dans le schéma correspondra au moins un Pad dans le board (pcb). Un composant traversant (throughhole) nécessite des trous (Drill) avec des pastilles (Pad) pour permettre leur soudage. Certains composants nécessite une fixation par vis, il faudra donc des trous (HOLE) souvent sans pastille cuivrée; à l'inverse d'un composant monté en surface (SMD ou CMS) qui aura des pastilles non percées. Le circuit imprimé aussi a des dimensionsdéfinies par le cahier des charges, un certain nombre de couches, il peut être simple face (Top ou Bottom), double-faces (Top et Bottom) ou multicouche. On passera électriquement d'une couche à l'autre par des Viaquisont des trous métallisés donc conducteurs. Pour répondre à des contraintes électriques, physiques ou de sécurité, certaines zones du PCB seront interdites à tout composant (Keepout), parfois ce seront les pistes de cuivre qui seront interdites (Restrict). Dans Eagle, chacune des caractéristiques reprises en gras ci-dessus génère au moins une couche comme

par exemple Top, Bottom, Drill, Hole, Dimension. D'autres en nécessitent parfois plusieurs, c'est le cas de

- Place qui donnera les 2 couches tPlace (Top Place) et bPlace (Bottom Place) tout comme

Name, Value, Origine…

- Restrict en donnera 3 : tRrestrict, bRrestrict, et vtRrestrict. Il existe encore d'autres couches prévues pour des spécifications de réalisation du PCB telles que l'étamage et le vernis; ou bien destinées au montage de la carte (colle et pâte à souder) Enfin, nous verrons ultérieurement qu'il sera possible de définir ses propres couches.

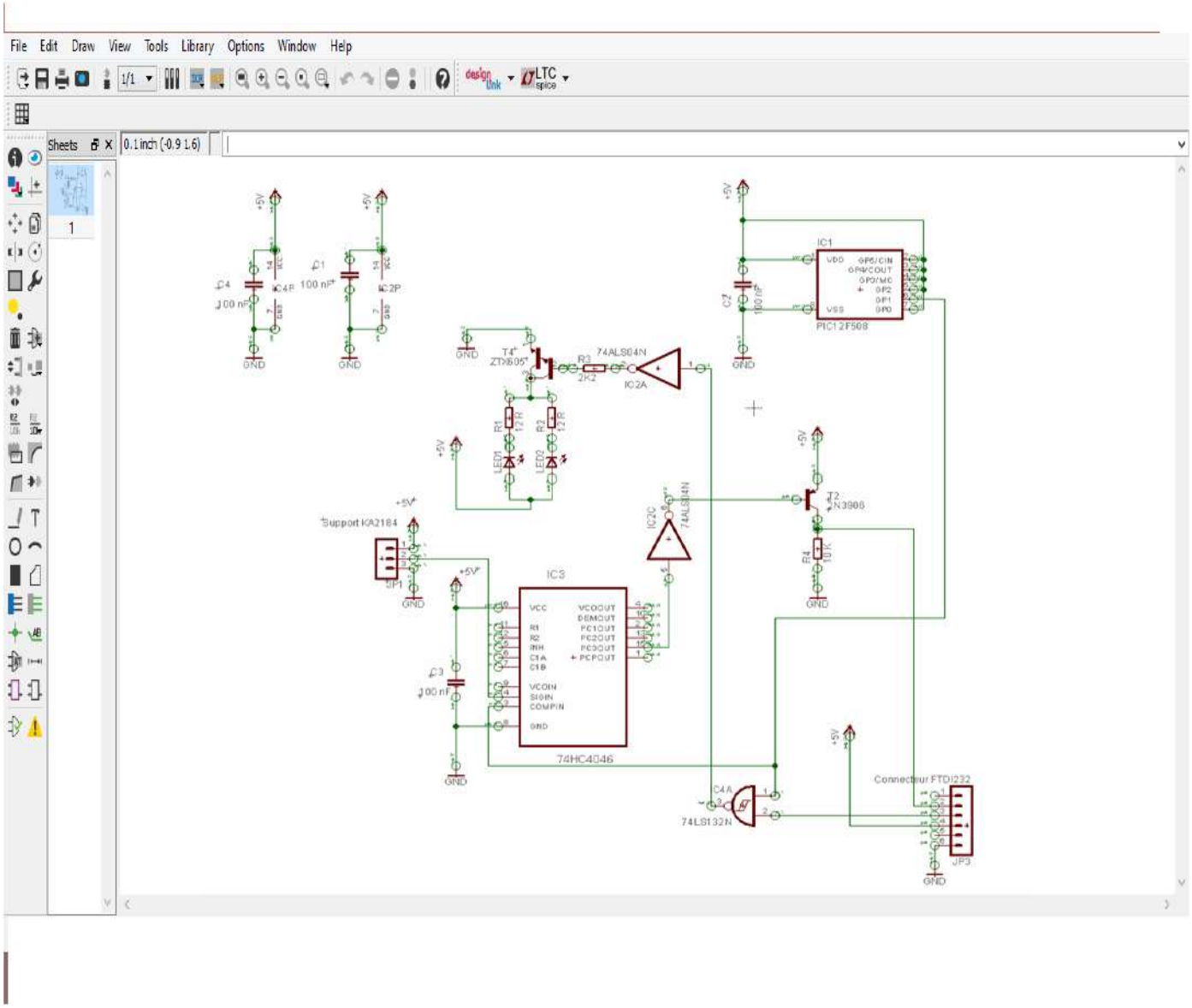


Figure.III.8.les circuit câblé.

On a obtenu les résultats suivants.

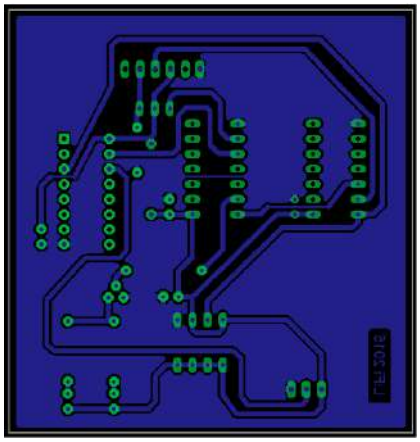


Figure.III.9.PCB vue de face

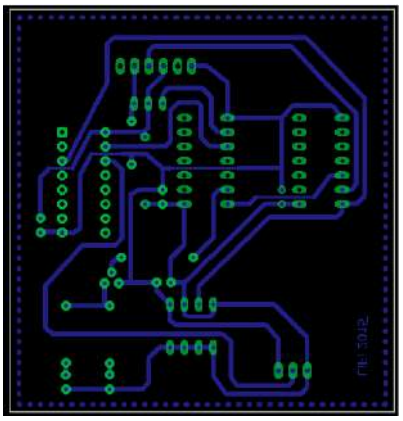


Figure.III.10.PCB vue de profile

XI.Montages du composant :

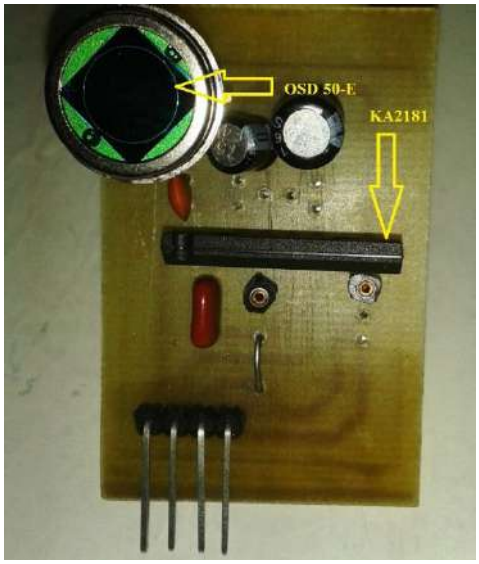




Figure.III.11.Notre récepteur avec le KA2181

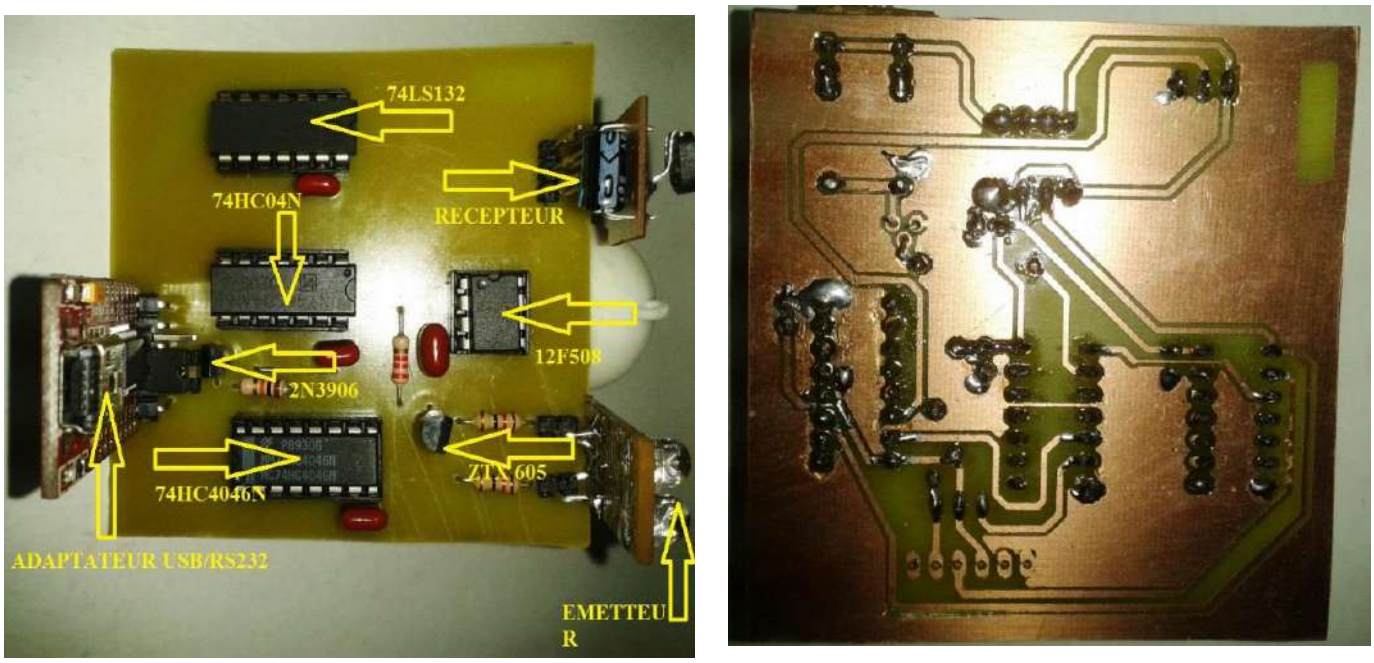


Figure.III.12.Emeteur recepteur prototype

XII.Test et mise en marche

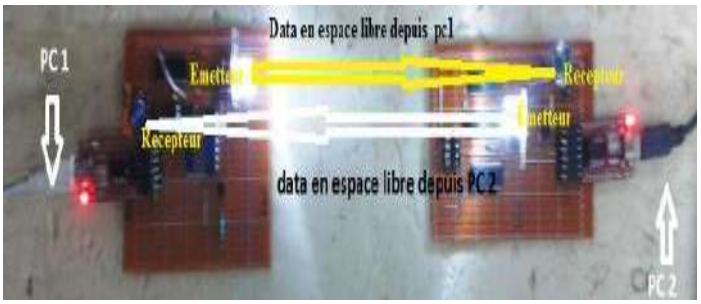
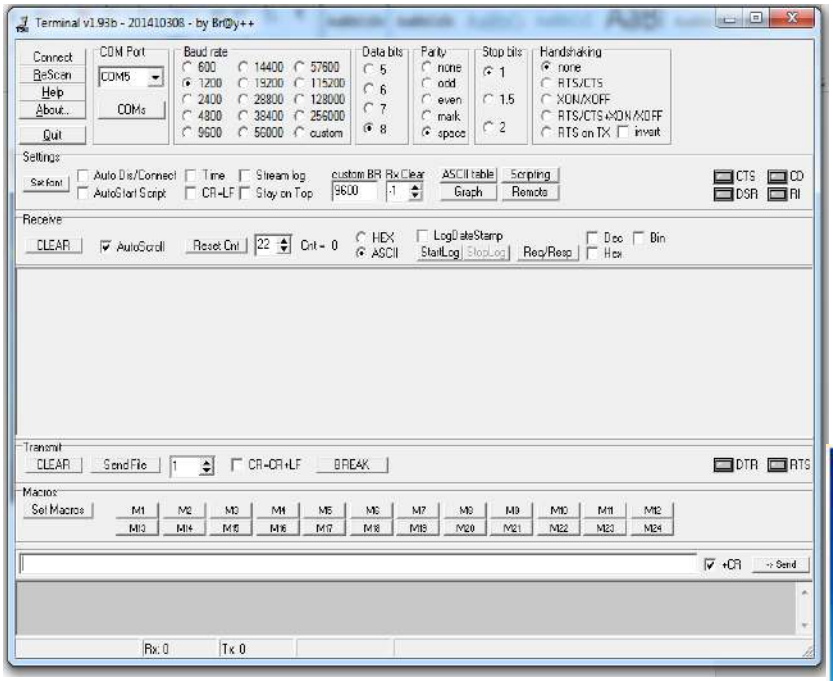


Figure III.13.Changement les donnée travers la lumière

Apres le raccordement de l'émetteur du côté du PC1 et l'installation du driver du FTDI 232, on lance le terminal.

XIII.Terminal Outil de développement du port com :

Cet outil est un programme simple d'émulation port série (COM). Il peut être utilisé pour la communication avec les différents dispositifs tels que les modems, les routeurs, les systèmes embarqués, uC téléphones GSM, modules GPS ... c'est un outil de débogage très utile pour les applications de communication série.



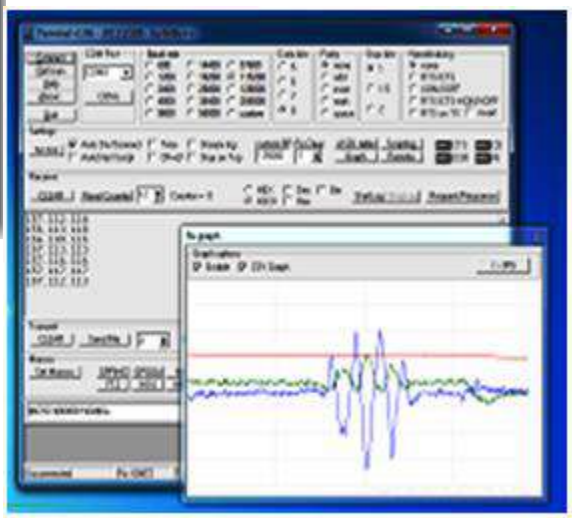


Figure.III.14.HyperTerminal

XIII.1.Caractéristiques :

- sans installation, un seul fichier unique de petite taille en .exe ~ 300KB
- envoi de fichiers simple
- Caractères Rx et Tx contrer
- Baud Rate jusqu'à 256 kbps et baud rate personnalisé
- jusqu'à 64 ports COM
- connecter en (hex& string)
- 24 macros de transmission personnalisée avec fonction de répétition automatique
- script (avec le soutien graphique / de visualisation)
- contrôle à distance sur TCP / IP - Telnet

- exécuter des applications à partir de macro-commandes
- ouverts sites www de macro-commandes
- macros de requête / réponse
- 4e / graphique noir et les facteurs d'échelle pour les valeurs CSV
- défilement automatique case - pour éviter le défilement automatique
- Write To File () procédure de scripts
- Commandes% SCRS "script.tsc» et SCRE% pour les macros - vérifiez aide
- offset pour SUM% et% XOR macro-commandes
- Quitter () dans les scripts
- paramètre / argument pour ouvrir le fichier de script au démarrage
- Retard stratégie de char TX changé (retard réel à zéro si la valeur = 0)
- principaux changements hot: DEL = RXClear, ESC = envoyer le code 27
- NOUVEAU: macro jusqu'à 256 caractères
- CORRECTIF: caractères perdus problème ... mieux, mais pas fixe
- CORRECTIF: ComSetDTR, ComSetRTS, ... LED allumer / éteindre bug

XIII.2.Le Mode Macro :

Dans le Mode Macro on peut utiliser tous les caractères à partir du clavier et tout char ASCII si on utilise xx $ ou #xxx. Où $ xx est hexagonal et #xxx format Digital de code ASCII. Si on veut utiliser # ou char de dollars en macro, on doit saisir deux fois ($$ = $ et ## = #). Pour calculer la somme de contrôle XOR commande l'utilisation d'octets% de XORxx. Pour calculer SUM (somme 1 octet) l'utilisation de l'octet de checksum% de commande SUMxx. Où xx est décalé du premier octet pour le calcul. Pour insérer retard dans l'utilisation de macro chaîne% DLYxxxx, où xxxx est la valeur 0000-9999 en ms. On peut stocker le fichier macro. En activant l'option Macro. Une chaîne macro peut contenir jusqu'à 256 caractères.

XIIII.Démarche à suivre :

On a fait la même chose du la cote réceptrice de **l'ordinateur 2**puis On a envoyé une série de caractères depuis l'Hyper Terminal de **l'ordinateur 1**vers l'HyperTerminal de **l'ordinateur2** d'une distance de 2 mètres. Sans oublier qu'on a régler les deux HyperTerminal sur les mêmes paramètres c'est-à-dire mètre les ports séries a vitesse de 9600 Bits par seconde, Bits de données 8, Parité et bits d'arrêt par défaut et Xon / Xoff pour Matériel. A la réception on a reçu le message envoyé par **l'ordinateur 1.**

XIIIII. Conclusion :

À la fin de ce chapitre le prototype émetteur- récepteur qu'on a réalisé avec la modulation ppm a était réaliser avec succès avec une vitesse de 9600bps et qui pourrais être augmente jusqu'as 19200bps et plus avec les performances des composants électroniques. Un émetteur-récepteur PWM peut prendre jusqu'à plus de puissance, mais une telle conception peut être intégré plus facilement dans les systèmes actuels de gestion de la lumière que la plupart des conducteurs de commande de courant pour les lampes LED sont PWM base. D'autre part, un émetteur-récepteur PPM est idéale pour une utilisation en faible puissance.

Conclusion général :

A l'âge du Wi-Fi et de la 4G, transmettre de l'information a travers la lumière clignotante pourrait ressembler à un retour au Morse ! En réalité, elle ouvre la voie à une rupture technologique majeure qui pourrait faire changer une fois de plus notre perception de la lumière. Comme nous l'avons présenté dans notre thème, avec la présence de plus en plus forte des phares à LEDs, les communications Li Fi peuvent apporter une contribution majeure à l'automatisation totale des véhicules. Le prototype réalisé décrit dans ce thème, démontre un transfert de données entre deux ordinateurs. Les résultats obtenus ont montré un taux d'erreur de transmission de jusqu'à une distance de 4 m aussi bien en intérieur qu'en extérieur et ceci sans l'implémentation informatique d'un code correcteur d'erreur. Le marché des communications sans fil à haut débit, est partagé entre les transmissions radio haute fréquence et les transmissions optiques en espace libre qui gagnent de plus en plus de parts de marché des télécommunications sans fil. En effet, à l'inverse des transmissions radio, les transmissions optiques ne nécessitent aucune autorisation et permettent d'accéder à un débit beaucoup plus important que celui des transmissions radio. La technique de modulation la plus pratique dans les systèmes de communications optiques sans fil est la modulation d'intensité à détection directe (IM/DD). Il y a une variété de type de modulation compatible avec les systèmes LI-FI qui se basent sur la modulation d'intensité, telles que OOK, PPM et MPPM.

La plupart des modulations d'intensité soufrent du problème de la synchronisation des symboles. Dans un premier temps et pour résoudre ce problème, on pense a faire introduit deux méthodes de modulation hybrides, basées sur la combinaison de PAM-MPPM et de PWMMPPM respectivement. Les deux approches résolvent le problème de synchronisation, et elles présentent une amélioration remarquable en termes de débit et d'efficacité spectrale, avec un avantage à la combinaison PAM-PPM par rapport à la combinaison PWM-MPPM. Le seul inconvénient de ces deux méthodes de modulations est la dégradation dans l'efficacité en puissance.

Dans un deuxième temps on a présenté une autre modulation hybride appelée Multi-Pulse Dual Amplitude-Width Modulation (MPDAWM), présentée sur la base de MPPM, PAM et PWM, pour avoir le maximum de débit et une amélioration significative en termes d'efficacités énergétique et spectrale, l'information est présentée au sein des symboles par combinaison Position-Amplitude-Largeur. Dans le même contexte, on a

proposé une autre méthode de modulation hybride en combinant les techniques DPIM, PAM et PWM. Cette combinaison présente une bonne amélioration en termes de débit et d'efficacité spectrale, en revanche, elle est moins performante en termes d'efficacité en puissance. Chaque système de communication optique sans fil a ses propres caractéristiques et ses propres exigences. Chaque méthode de modulation parmi les méthodes proposées se caractérise par un paramètre de conception important, soit la synchronisation, le haut débit, la meilleur efficacité spectrale où en encore la bonne efficacité en puissance, ce qui fait de ces méthodes de modulation des solutions intéressantes pour les différents systèmes de communication optique sans fil et concurrents à d'autres techniques de modulation disponible. La détermination des meilleures conditions de disponibilité et de qualité de service requises (QoS) pour une liaison de communication de type light-fidelity nécessite une étude précise, théorique et expérimentale pour pouvoir établir, d'une manière précise, la disponibilité d'une telle liaison. Dans ce thème, on a essayé de mettre en évidence un système de communication et de ses différents constituants sur la propagation d'un faisceau lumineux a travers les leds. en fonction des caractéristiques du système utilisé (Puissance, longueur d'onde, divergence du faisceau, diamètre de la cellule réceptrice, sensibilité du récepteur …etc.) et en fonction des caractéristiques de site d'installation (longueur, hauteur au-dessus du sol, etc.).

Plusieurs perspectives s'ouvrent à nous dans le domaine des télécommunications optiques sans fil, comme les modulations codées (Turbo codes, Treillisou une combinaison de deux ou plusieurs codes), qui est un point clé pour améliorer la performance d'une modulation.

Bibliographies

[1] M. Fernandez-Chimeno and F. Silva, “Mobile phones electromagnetic interference in medical environments : A review,” in Electromagnetic Compatibility (EMC), 2010 IEEE International Symposium on, Jul. 2010, pp. 311 –316.

[2] M. K. E. B. Wallin, T. Marve, and P. K. Hakansson, “Modern wireless telecommunication technologies and their electromagnetic compatibility with life-supporting equipment,” Anesthesia & Analgesia, vol. 101, no. 5, pp. 1393 –1400, Nov. 2005.

[3] g. L. Université de Limoges XLIM, CHU de Limoges, “projet collaboratif régional, fond innovation régional en limousin - saphirale : Surveillance avancée des patients en milieu hospitalier à l’aide de l’infrarouge et des lignes d’energie,” 2010 – 2013.

[4] [Online]. Available : http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC1101

[5] J. R. Barry and J. M. Kahn, “Link design for nondirected wireless infrared communications,” Applied optics, vol. 34, no. 19, pp. 3764–3776, Jul. 1995, PMID : 21052199.

[6] J. R. Barry, Wireless Infrared Communications, 1st ed. Springer, Aug. 1994.

[7] D. K. Borah, A. C. Boucouvalas, C. C. Davis, S. Hranilovic, and K. Yiannopoulos, “A review of communication-oriented optical wireless systems,” EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, vol. 2012, no. 1, p. 91, Mar. 2012.

[8] O. Bouchet, H. Sizun, C. Boisrobert, F. de Fornel, and P.-N. Favennec, Optique sans fil : Propagation et communication. Hermes Science Publications, Jun. 2004.

[9] J. B. Carruthers, “Wireless infrared communications,” in Wiley Encyclopedia of Telecommunications. John Wiley & Sons, Inc., 2003.

[10] F. R. Gfeller and U. Bapst, “Wireless in-house data communication via diffuse infrared radiation,” Proceedings of the IEEE, vol. 67, no. 11, pp. 1474– 1486, Nov. 1979.

[11] Z. Ghassemlooy, “Indoor optical wireless communications systems – part i : Review,” 2003.

Programme du pic en hexadécimal

: 020000040000FA

: 100000006600FD0C060026040607040A26050607FE

: 10001000030A0607030A0607030A0607030A060778

: 10002000030A0607030A26040607030A0607030A4B

: 100030000607030A0607030A0606060A2604030A39

: 021FFE00EA0FE8

Microcontrôleur 12F508 :

4.0 MEMORY ORGANIZATION

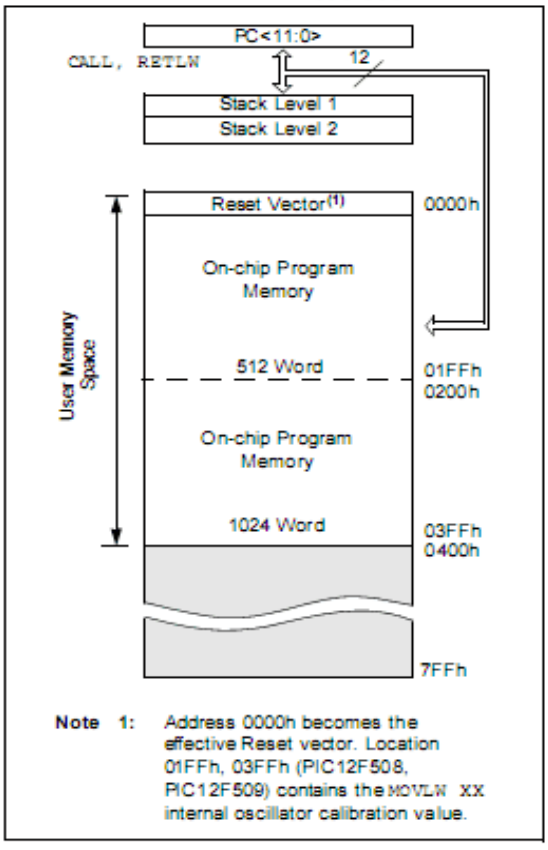
The PIC12F508/509/16F505 memories are organized into program memory and data memory. For devices with more than 512 bytes of program memory, a paging scheme is used. Program memory pages are accessed using one Status register bit. For the PIC12F509 and PIC16F505, with data memory register files of more than 32 registers, a banking scheme is used. Data memory banks are accessed using the File Select Register (FSR).

4.1 Program Memory Organization for the PIC12F508/509

The PIC12F508 device has a 10-bit Program Counter (PC) and PIC12F509 has a 11-bit Program Counter (PC) capable of addressing a 2K x 12 program memory space.

Only the first 512 x 12 (0000h-01FFh) for the PIC12F508, and 1K x 12 (0000h-03FFh) for the PIC12F509 are physically implemented (see Figure 4-1). Accessing a location above these boundaries will cause a wraparound within the first 512 x 12 space (PIC12F508) or 1K x 12 space (PIC12F509). The effective Reset vector is a 0000h (see Figure 4-1). Location 01FFh (PIC12F508) and location 03FFh (PIC12F509) contain the internal clock oscillator calibration value. This value should never be overwritten.

FIGURE 4-1: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK FOR THE PIC12F508/509



Note 1: Address 0000h becomes the effective Reset vector. Location 01FFh, 03FFh (PIC12F508, PIC12F509) contains the MOVLW XX internal oscillator calibration value.

Les circuits logiques :

MC74HC04A

Hex Inverter

High–Performance Silicon–Gate CMOS

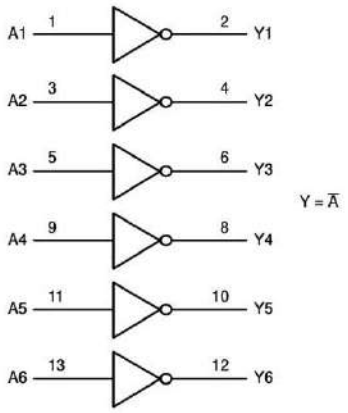
The MC74HC04A is identical in pinout to the LS04 and the MC14069. The device inputs are compatible with Standard CMOS outputs; with pullup resistors, they are compatible with LSTTL outputs.

The device consists of six three–stage inverters.

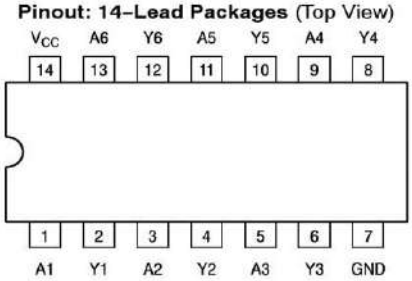
Features

- Output Drive Capability: 10 LSTTL Loads
- Outputs Directly Interface to CMOS, NMOS and TTL
- Operating Voltage Range: 2.0 to 6.0 V
- Low Input Current: 1 μA
- High Noise Immunity Characteristic of CMOS Devices
- In Compliance With the JEDEC Standard No. 7A Requirements
- Chip Complexity: 36 FETs or 9 Equivalent Gates
- Pb–Free Packages are Available

LOGIC DIAGRAM



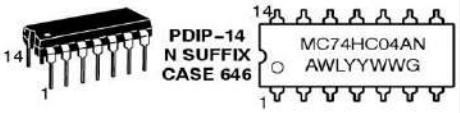
Pinout: 14–Lead Packages (Top View)

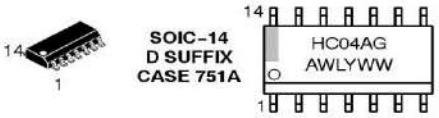


ON Semiconductor®

http://onsemi.com

MARKING DIAGRAMS







A = Assembly Location
WL or L = Wafer Lot
YY or Y = Year
WW or W = Work Week
G or ▪ = Pb–Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

FUNCTION TABLE

Inputs	Outputs
A	Y
L	H
H	L

Tekno Networks

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 3 of this data sheet.

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

February 1984
Revised February 1999

MM74HC4046
CMOS Phase Lock Loop

General Description

The MM74HC4046 is a low power phase lock loop utilizing advanced silicon-gate CMOS technology to obtain high frequency operation both in the phase comparator and VCO sections. This device contains a low power linear voltage controlled oscillator (VCO), a source follower, and three phase comparators. The three phase comparators have a common signal input and a common comparator input. The signal input has a self biasing amplifier allowing signals to be either capacitively coupled to the phase comparators with a small signal or directly coupled with standard input logic levels. This device is similar to the CD4046 except that the Zener diode of the metal gate CMOS device has been replaced with a third phase comparator.

Phase Comparator I is an exclusive OR (XOR) gate. It provides a digital error signal that maintains a 90 phase shift between the VCO's center frequency and the input signal (50% duty cycle input waveforms). This phase detector is more susceptible to locking onto harmonics of the input frequency than phase comparator II, but provides better noise rejection.

Phase comparator III is an SR flip-flop gate. It can be used to provide the phase comparator functions and is similar to the first comparator in performance.

Phase comparator II is an edge sensitive digital sequential network. Two signal outputs are provided, a comparator output and a phase pulse output. The comparator output is a 3-STATE output that provides a signal that locks the VCO output signal to the input signal with 0 phase shift between them. This comparator is more susceptible to noise throwing the loop out of lock, but is less likely to lock onto harmonics than the other two comparators.

In a typical application any one of the three comparators feed an external filter network which in turn feeds the VCO input. This input is a very high impedance CMOS input which also drives the source follower. The VCO's operating frequency is set by three external components connected to the C1A, C1B, R1 and R2 pins. An inhibit pin is provided to disable the VCO and the source follower, providing a method of putting the IC in a low power state.

The source follower is a MOS transistor whose gate is connected to the VCO input and whose drain connects the Demodulator output. This output normally is used by tying a resistor from pin 10 to ground, and provides a means of looking at the VCO input without loading down modifying the characteristics of the PLL filter.

Features

- Low dynamic power consumption: (V_{CC} = 4.5V)
- Maximum VCO operating frequency: 12 MHz (V_{CC} = 4.5V)
- Fast comparator response time (V_{CC} = 4.5V)
  - Comparator I: 25 ns
  - Comparator II: 30 ns
  - Comparator III: 25 ns
- VCO has high linearity and high temperature stability

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC4046M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
MM74HC4046SJ	M16D	16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
MM74HC4046MTC	MTC16	16-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC4046N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

© 1999 Fairchild Semiconductor Corporation